

**Департамент образования Вологодской области
бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Вологодской области
«ВОЛОГОДСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ»**

**Методические указания
к практическим работам
по учебной дисциплине **Физика****

Профессия:

29.01.29 Мастер столярного и мебельного производства

15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки))

Рассмотрены и утверждены на заседании предметной цикловой комиссии общеобразовательных дисциплин

Методические указания по организации практических занятий предназначены для студентов 1 и 2 курса очной формы обучения профессий 29.01.29 Мастер столярного и мебельного производства ,15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки)).

В методических указаниях представлена последовательность выполнения практических занятий по дисциплине «Физика» в виде логически выстроенных заданий, которые выполняются с помощью учебника, данной методички, словаря.

Перечень практических занятий соответствует содержанию программы дисциплины. Практические занятия студентов повышает интеллектуальный уровень обучающихся, формирует умение самостоятельно находить нужную информацию, систематизировать, обобщать, что необходимо для профессиональной подготовки будущего специалиста. Навыки исследовательской работы по дисциплине помогут студентам на старших курсах при выполнении и оформлении курсовых и дипломных проектов.

Автор: Неражева Л. П., преподаватель БПОУ ВО «Вологодский строительный колледж»

Содержание

1. Пояснительная записка.....	4
2. Методические рекомендации по выполнению практических заданий.....	4
3. Критерии оценки практических работ.....	17
4. Практические работы:	
4.1. Практическая работа «Механическое движение»	
4.2. Практическая работа «Динамика материальной точки. Законы Ньютона»	
4.3. Практическая работа «Движение тела по наклонной плоскости»	
4.4. Практическая работа «Механическая энергия и импульс»	
4.5. Практическая работа «Механические колебания и волны»	
4.6. Практическая работа «Характеристики молекул. Основные положения МКТ»	
4.7. Практическая работа «Уравнение Менделеева-Клапейрона. Газовые законы»	
4.8. Практическая работа «Внутренняя энергия. Применение первого закона термодинамики к изопроцессам»	
4.9. Практическая работа «Влажность воздуха»	
4.10. Практическая работа «Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Закон Кулона»	
4.11. Практическая работа «Конденсаторы»	
4.12. Практическая работа «Закон Ома для участка цепи. Закон Ома для полной цепи. Соединения проводников»	
4.13. Практическая работа « Работа тока. Закон Джоуля-Ленца»	
4.14. Практическая работа «Электрический ток в различных средах»	
4.15. Практическая работа «Магнитное поле. Сила Ампера. Сила Лоренца»	
4.16. Практическая работа «Электромагнитная индукция»	
4.17. Практическая работа «Электромагнитные колебания»	
4.18. Практическая работа «Переменный электрический ток»	
4.19. Практическая работа «Электромагнитные волны»	
4.20. Практическая работа «Линзы. Построение изображений в тонкой линзе»	
4.21. Практическая работа «Виды излучения. Распады»	
4.22. Практическая работа «Фотоэффект»	
4.23. Практическая работа «Ядерные реакции»	
5. Информационное обеспечение обучения	

Пояснительная записка

Данные методические указания предназначены для совершенствования теоретических знаний и формирования практических умений и навыков по программе дисциплины .

Рекомендуемое количество часов для выполнения практических работ - 80

Методические рекомендации по выполнению практических заданий

Подготовка к практическим работам заключатся в самостоятельном изучении теории по рекомендуемой литературе, предусмотренной рабочей программой. Для эффективного выполнения заданий ВІ должны знать теоретические материалы и уметь применять эти знания для приобретения практических навыков при выполнении практических заданий.

В конце занятия преподаватель выставляет оценку, которая складывается из результатов наблюдения за выполнением практической части работы, проверки отчета, беседы в ходе работы или после нее.

Оценки за выполнение практических занятий выставляется по пятибалльной системе.

Условия и порядок выполнения работы:

1. Прочитать методические рекомендации по выполнению практической работы.
2. Ответить на вопросы, необходимые для выполнения заданий.
3. Изучить содержание заданий и начать выполнение.
4. Работу выполнить в тетрадях, оформив надлежащим образом.
5. Консультацию по выполнению работы получить у преподавателя или обучающегося, успешно выполнившего работу.
- 6 . Работа оценивается в целом, по итогам выполнения работы выставляется оценка

Защита проводится путем индивидуальной беседы или выполнения зачетного задания. Работа считается выполненной, если она соответствует критериям, указанным в пояснительной записке к практической работе.

Пропущенные практические работы отрабатываются в дополнительное время.

Большинство задач по физике можно условно разделить на качественные, количественные, графические, экспериментальные. Решение каждого вида задач имеет свои особенности.

Алгоритм решения качественных задач

- 1 этап — внимательно ознакомиться с условием задачи;
- 2 этап — выяснить, какие тела взаимодействуют;
- 3 этап — выяснить, о каком физическом явлении или группе явлений идет речь;
- 4 этап — выяснить состояние тела при начальных условиях;
- 5 этап — выяснить, что происходит с физическими телами в результате действия физического явления (например, изменение формы, объема или агрегатного состояния, а также силы, возникающие при этом);
- 6 этап — выяснить, как это сказывается на взаимодействующих телах;
- 7 этап — ответить на вопрос задачи.

Для качественных задач перечисленные этапы условны.

Задачи второго типа — *количественные*. Это задачи, в которых все физические величины заданы количественно какими-то числами. При этом физические величины могут быть как скалярными, так и векторными.

Алгоритм решения количественных задач

- 1 этап — записать кратко условие задачи в виде «Дано»;
- 2 этап — перенести размерность физических величин в систему «СИ»;
- 3 этап — выполнить анализ задачи (записать какое физическое явление рассматривается в задаче, сделать рисунок, обозначить на рисунке все известные и неизвестные величины, записать уравнения, которые описывают физическое явление, вывести из этих уравнений искомую величину в виде расчетной формулы).
- 4 этап — сделать проверку размерности расчетной формулы;
- 5 этап — сделать вычисления по расчетной формуле;
- 6 этап — обдумать полученный результат (Может ли быть такое с точки зрения здравого смысла?);
- 7 этап — записать ответ задачи.

Алгоритм решения графических задач.

К задачам этого типа относятся такие, в которых все или часть данных заданы в виде графических зависимостей между ними. В решении таких задач можно выделить следующие этапы:

1 этап — прочитать внимательно условие задачи;

2 этап — выяснить из приведенного графика, между какими величинами представлена связь; выяснить, какая физическая величина является независимой, т. е. аргументом; какая величина является зависимой, т. е. функцией; определить по виду графика, какая это зависимости.

выяснить, что требуется — определить функцию или аргумент; по возможности записать уравнение, которое описывает приведенный график;

3 этап — отметить на оси абсцисс (или ординат) заданное значение и восстановить перпендикуляр до пересечения с графиком. Опустить перпендикуляр из точки пересечения на ось ординат (или абсцисс) и определить значение искомой величины;

4 этап — оценить полученный результат; записать ответ.

Алгоритм решения экспериментальных задач

Это задачи, в которых для нахождения неизвестной величины требуется часть данных измерить опытным путем.

1 этап — прочитать внимательно условие задачи; четко определить цель работы;

2 этап — определить, какое явление, закон лежат в основе опыта;

3 этап — продумать схему опыта; определить перечень приборов и вспомогательных предметов или оборудования для проведения эксперимента; продумать последовательность проведения эксперимента; в случае необходимости разработать таблицу для регистрации результатов эксперимента;

4 этап — выполнить эксперимент и результаты записать в таблицу;

5 этап — сделать необходимые расчеты, если это требуется согласно условию задачи;

6 этап — обдумать полученные результаты и записать ответ.

Частные алгоритмы для решения задач по кинематике и динамике имеют следующий вид:

Алгоритм решения задач по кинематике

Необходимо выбрать систему отсчёта с указанием начала отсчёта времени и обозначить на схематическом чертеже все кинематические характеристики движения (перемещение, скорость, ускорение и время).

2. Записать кинематические законы движения для каждого из движущихся тел в векторной форме.

3. Спроецировать векторные величины на оси x и y и проверить, является ли полученная система уравнений полной.

4. Используя кинематические связи, геометрические соотношения и специальные условия, данные в задаче, составить недостающие уравнения.

5. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестных.

6. Перевести все величины в одну систему единиц и вычислить искомые величины.

7. Проанализировать результат и проверить его размерность.

При решении задач на движение материальной точки по окружности необходимо дополнительно учитывать связь между угловыми и линейными характеристиками.

Алгоритм решения задач по динамике

1. Внимательно прочитать условие задачи и выяснить характер движения

2. Записать условие задачи, выразив все величины в единицах «СИ»

3. Сделать чертеж с указанием все сил, действующих на тело, векторы ускорений и системы координат

4. Записать уравнение второго закона Ньютона в векторном виде

5. Записать основное уравнение динамики (уравнение второго закона Ньютона) в проекциях на оси координат с учетом направления осей координат и векторов
6. Найти все величины, входящие в эти уравнения; подставить в уравнения
7. Решить задачу в общем виде, т. е. решить уравнение или систему уравнений относительно неизвестной величины
8. Проверить размерность
9. Получить численный результат и соотнести его с реальными значениями величин.

Если в задаче рассматривается движение нескольких тел, необходимо записать 2 закон Ньютона для каждого из них и учесть кинематические и динамические связи между ними.

Алгоритм решения задач на применение закона сохранения импульса.

1. Необходимо проверить систему взаимодействующих тел на замкнутость.
2. Изобразить на чертеже векторы импульсов тел системы непосредственно перед и после взаимодействия.
3. Записать закон сохранения импульса в векторной форме.
4. Спроецировать векторные величины на оси x и y (выбираются произвольно, но так, чтобы было удобно проецировать).
5. Решить полученную систему скалярных уравнений относительно неизвестных в общем виде.
6. Проверить размерность и сделать числовой расчёт.

Алгоритм решения задач на вычисление работы постоянной силы

1. Выяснить, работу какой силы требуется определить в задаче, и записать исходную формулу: $A = F \cos \alpha$.
2. Сделать схематический чертёж и определить угол между силой и перемещением.

Если в условии задачи сила неизвестна, её следует найти из 2 закона

Ньютона.

4. Определить величину модуля перемещения из законов кинематики.
5. Подставить значения модулей силы и перемещения в формулу работы и, проверив размерность, сделать числовой расчёт.

Алгоритм решения задач на определение мощности

1. Выяснить, какую мощность надо определить, среднюю или мгновенную.
2. Указать на чертеже силы, действующие на тело, и все кинематические характеристики движения.
3. Из 2 закона Ньютона определить силу тяги.
4. Из законов кинематики определить среднюю или мгновенную скорость.
5. Подставить полученные значения силы тяги и скорости в формулу мощности и, проверив размерность, сделать числовой расчёт.

Алгоритм решения задач на закон сохранения и превращения энергии.

1. Сделать схематический чертёж. Обозначить на нём кинематические характеристики начального и конечного состояний системы.
2. Проверить систему на замкнутость. Если система тел замкнута, решение проводится по закону сохранения механической энергии. Если система тел не замкнута, то изменение механической энергии равно работе внешних сил.
3. Выбрать нулевой уровень потенциальной энергии (произвольно).
4. Выяснить, какие внешние силы действуют на тело в произвольной точке траектории.
5. Записать формулы механической энергии в начальном и конечном положениях.
6. Установить связь между начальными и конечными скоростями тел системы.
7. Подставить полученные значения энергий и работы в формулу работы и сделать числовой расчёт.

Алгоритм решения задач на расчёт колебательного движения.

Задачи на расчёт колебательного движения условно можно разделить на 3 группы:

-задачи, решение которых основано на общих уравнениях гармонических колебаний.

-задачи на расчёт периода колебаний пружинного и математического маятников.

-задачи на расчёт характеристик упругих волн.

Первая группа:

1. Записать уравнение гармонических колебаний.
2. Определить начальную фазу колебаний, используя условие задачи, и выразить, если это необходимо, циклическую частоту колебаний ω через частоту ν или период колебаний T .
3. Определить мгновенные значения скорости и ускорения точки, совершающей гармонические колебания.
4. Если необходимо, использовать закон сохранения механической энергии.
5. Решить полученные уравнения относительно неизвестных.
6. Сделать числовой расчёт и проверить размерность искомой величины.

Вторая группа:

1. Выяснить, чему равно ускорение точки подвеса математического маятника. Если $a = 0$, то период колебаний определяется по формуле $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ для пружинного маятника.
2. Если необходимо, то записать формулы, связывающие период колебаний T с частотой ν или циклической частотой колебаний ω .
3. Решить полученные уравнения.
4. Сделать числовой расчёт и проверить размерность искомой величины.

Решение задач третьей группы предполагает использование уравнения плоской волны, формулы для расчёта длины волны, формул скорости

распространения упругих волн в различных средах.

Алгоритм решения задач на «Первое начало термодинамики»

Задачи об изменении внутренней энергии тел можно разделить на группы.

В задачах первой группы рассматривают такие явления, где в изолированной системе при взаимодействии тел изменяется лишь их внутренняя энергия без совершения работы над внешней средой.

1. Установить у каких тел внутренняя энергия уменьшается, а у каких – возрастает.
2. Составить уравнение теплового баланса ($\Delta U = 0$), при записи которого в выражении $Q = cm(t_2 - t_1)$, для изменения внутренней энергии, нужно вычитать из конечной температуры тела начальную и суммировать члены с учетом получающегося знака.
3. Полученное уравнение решить относительно искомой величины.
4. Решение проверить и оценить критически.

В задачах второй группы рассматриваются явления, связанные с превращением одного вида энергии в другой при взаимодействии двух тел. Результат такого взаимодействия: изменение внутренней энергии одного тела вследствие совершенной им или над ним работы.

1. Убедиться, что в процессе взаимодействия тел теплота извне к ним не подводится, т. е. действительно ли $Q = 0$.
2. Установить, у какого из двух взаимодействующих тел изменяется внутренняя энергия и что является причиной этого изменения – работа, совершенная самим телом, или работа, совершенная над телом.
3. Записать уравнение $Q = \Delta U + A$ для тела, у которого изменяется внутренняя энергия, учитывая знак перед A и к. п.д. рассматриваемого процесса.
4. Если работа совершается за счет уменьшения внутренней энергии одного

из тел, то $A = -\Delta U$, а если внутренняя энергия тела увеличивается за счет работы, совершенной над телом, то $A = \Delta U$.

5. Найти выражения для ΔU и A .

6. Подставляя в исходное уравнение вместо ΔU и A их выражения, получим окончательное соотношение для определения искомой величины.

7. Полученное уравнение решить относительно искомой величины.

8. Решение проверить и оценить критически.

Алгоритм решения задач на «Газовые законы»

По условию задачи даны два или несколько состояний газа и при переходе газа из одного состояния в другое его масса не меняется.

1. Представить какой газ участвует в том или ином процессе.

2. Определить параметры p , V и T , характеризующие каждое состояние газа.

3. Записать уравнение объединенного газового закона Клапейрона для данных состояний. Если один из трех параметров остается неизменным, уравнение Клапейрона автоматически переходит в одно из трех уравнений: закон Бойля – Мариотта, Гей-Люссака или Шарля.

4. Записать математически все вспомогательные условия.

5. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.

6. Решение проверить и оценить критически.

По условию задачи дано только одно состояние газа, и требуется определить какой-либо параметр этого состояния или же даны два состояния с разной массой газа.

1. Установить, какие газы участвуют в рассматриваемых процессах.

2. Определить параметры p , V и T , характеризующие каждое состояние газа.

Для каждого состояния каждого газа (если их несколько) составить уравнение Менделеева – Клапейрона. Если дана смесь газов, то это уравнение записывается для каждого компонента. Связь между значениями

давлений отдельных газов и результирующим давлением смеси устанавливается законом Дальтона.

4. Записать математически дополнительные условия задачи
5. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.
6. Решение проверить и оценить критически.

Алгоритм решения задач на тему «Электростатика»

Решение задачи о точечных зарядах и системах, сводящихся к ним, основано на применении законов механики с учетом закона Кулона и вытекающих из него следствий.

1. Расставить силы, действующие на точечный заряд, помещенный в электрическое поле, и записать для него уравнение равновесия или основное уравнение динамики материальной точки.
2. Выразить силы электрического взаимодействия через заряды и поля и подставить эти выражения в исходное уравнение.
3. Если при взаимодействии заряженных тел между ними происходит перераспределение зарядов, к составленному уравнению добавляют уравнение закона сохранения зарядов.
4. Записать математически все вспомогательные условия
5. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.
6. Решение проверить и оценить критически.

Алгоритм решения задач на тему «Постоянный ток»

Задачи на определение силы тока, напряжения или сопротивления на участке цепи.

1. Начертить схему и указать на ней все элементы.
2. Установить, какие элементы цепи включены последовательно, какие – параллельно.

3. Расставить токи и напряжения на каждом участке цепи и записать для каждой точки разветвления (если они есть) уравнения токов и уравнения, связывающие напряжения на участках цепи.
4. Используя закон Ома, установить связь между токами, напряжениями и ЭДС (ϵ).
5. Если в схеме делают какие-либо переключения сопротивлений или источников, уравнения составляют для каждого режима работы цепи.
6. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.
7. Решение проверить и оценить критически.

Алгоритм решения задач на тему «Электромагнетизм»

Задачи о силовом действии магнитного поля на проводники с током

1. Сделать схематический чертеж, на котором указать контур с током и направление силовых линий поля.
2. Отметить углы между направлением поля и отдельными элементами контура.
3. Используя правило левой руки, определить направление сил поля (сила Ампера), действующих на каждый элемент контура, и проставить векторы этих сил на чертеже.
4. Указать все остальные силы, действующие на контур.
5. Исходя из физической природы сил, выразить силы через величины, от которых они зависят.
6. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.
7. Решение проверить и оценить критически.

Задачи о силовом действии магнитного поля на заряженные частицы

1. Сделать чертеж, указать на нем силовые линии магнитного и электрического полей, проставить вектор начальной скорости частицы и

отметить знак ее заряда.

2. Изобразить силы, действующие на заряженную частицу.
3. Определить вид траектории частицы.
4. Разложить силы, действующие на заряженную частицу, вдоль направления магнитного поля и по направлению, ему перпендикулярному.
5. Составить основное уравнение динамики материальной точки по каждому из направлений разложения сил.
6. Исходя из физической природы сил, выразить силы через величины, от которых они зависят.
7. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.
8. Решение проверить и оценить критически.

Алгоритм решения задач на тему «Закон электромагнитной индукции»

1. Установить причины изменения магнитного потока, связанного с контуром, и определить какая из величин B , S или, входящих в выражение для Φ , изменяется с течением времени.
2. Записать формулу закона электромагнитной индукции:
3. Выражение для $\Delta\Phi$ представить в развернутом виде (Φ) и подставить в исходную формулу закона электромагнитной индукции.
4. Записать математически все вспомогательные условия.
5. Полученную систему уравнений решить относительно искомой величины.
6. Решение проверить и оценить критически.

Алгоритм решения задач на тему «Преломление света»

1. Установить переходит ли луч из оптически менее плотной среды в более плотную или наоборот.
2. Сделать чертеж, где указать ход лучей, идущих из одной среды в другую.
3. В точке падения луча на границу раздела сред провести нормаль и отметить углы падения и преломления.

4. Записать формулу закона преломления для каждого перехода луча из одной среды в другую.
5. Составить вспомогательные уравнения, связывающие углы и расстояния, используемые в задаче.
6. Полученную систему уравнений решить относительно искомой величины.
7. Решение проверить и оценить критически.

Критерии оценки практических работ:

Оценка «5» ставится в следующем случае:

- работа выполнена полностью;
- сделан перевод единиц всех физических величин в систему единиц «СИ», все необходимые данные занесены в условие, правильно выполнены чертежи, схемы, графики, рисунки, сопутствующие решению задач, сделана проверка на размерность, правильно проведены математические расчеты и дан полный ответ;
- на качественные и теоретические вопросы дан полный, исчерпывающий ответ литературным языком в определенной логической последовательности, учащийся приводит новые примеры, устанавливает связь между изучаемым и ранее изученным материалом по курсу физики, а также с материалом, усвоенным при изучении других предметов, умеет применить знания в новой ситуации;
- учащийся обнаруживает верное понимание физической сущности рассматриваемых явлений и закономерностей, законов и теорий, дает точное определение и истолкование основных понятий, законов, теорий, а также правильное определение физических величин, их единиц и способов измерения.

Оценка «4» ставится в следующем случае:

- работа выполнена полностью или не менее чем на 80 % от объема задания, но в ней имеются недочеты и несущественные ошибки;
- ответ на качественные и теоретические вопросы удовлетворяет вышеперечисленным требованиям, но содержит неточности в изложении фактов, определений, понятий, объяснении взаимосвязей, выводах и решении задач;
- учащийся испытывает трудности в применении знаний в новой ситуации, не в достаточной мере использует связи с ранее изученным материалом и с материалом, усвоенным при изучении других предметов.

Оценка «3» ставится в следующем случае:

- работа выполнена в основном верно (объем выполненной части составляет не менее 2/3 от общего объема), но допущены существенные неточности;
- учащийся обнаруживает понимание учебного материала при недостаточной полноте усвоения понятий и закономерностей;
- умеет применять полученные знания при решении простых задач с использованием готовых формул, но затрудняется при решении качественных задач и сложных количественных задач, требующих преобразования формул.

Оценка «2» ставится в следующем случае:

— работа в основном не выполнена (объем выполненной части менее 2/3 от общего объема задания); задания);

— учащийся показывает незнание основных понятий, непонимание изученных закономерностей и взаимосвязей, не умеет решать количественные и качественные задачи.

Перечень ошибок.

Грубые ошибки:

1. Незнание определений основных понятий, законов, правил, основных положений теории, формул, общепринятых символов обозначения физических величин, единиц их измерения.
2. Неумение выделить в ответе главное.
3. Неумение применять знания для решения задач и объяснения физических явлений; неправильно сформулированные вопросы задачи или неверные объяснения хода ее решения; незнание приемов решения задач, аналогичных ранее решенным в классе, ошибки, показывающие неправильное понимание условия задачи или неправильное истолкование решения.
4. Неумение читать и строить графики и принципиальные схемы.
5. Неумение подготовить к работе установку или лабораторное оборудование, провести опыт, необходимые расчеты, или использовать полученные данные для выводов.
6. Небрежное отношение к лабораторному оборудованию и измерительным приборам.
7. Неумение определить показание измерительного прибора.
8. Нарушение требований правил безопасного труда при выполнении эксперимента.

Негрубые ошибки:

1. Неточности формулировок, определений, понятий, законов, теорий, вызванные неполнотой охвата основных признаков определяемого

понятия, ошибки, вызванные несоблюдением условий проведения опыта или измерений.

2. Ошибки в условных обозначениях на принципиальных схемах, неточности чертежей, графиков, схем.

3. Пропуск или неточное написание наименований единиц физических величин.

4. Нерациональный выбор хода решения.

Недочеты

1. Нерациональные записи при вычислениях, нерациональные приемы вычисления, преобразований и решений задач.

2. Арифметические ошибки в вычислениях, если эти ошибки грубо не искажают реальность полученного результата.

3. Отдельные погрешности в формулировке вопроса или ответа.

4. Небрежное выполнение записей, чертежей, схем, графиков.

5. Орфографические и пунктуационные ошибки.

Практическое занятие №1,2

Механическое движение

Цель занятия: усвоить основные методы решения прямой и обратной задачи кинематики, используя законы кинематики поступательного и вращательного движения.

Контрольные вопросы и задания

1. Кинематический закон движения для координатного способа определения движения материальной точки.
2. Кинематический закон движения для естественного движения для векторного способа определения движения.
3. Кинематический закон движения для естественного способа определения движения.
4. Как найти вектор скорости для конкретного, векторного и естественного способов определения движения?
5. Как найти вектор ускорения для разных способов определения движения?
6. Какую формулу можно использовать для нахождения пути, если точка прошла при криволинейном движении?
7. Докажите формулу, связывающую векторы линейной и угловой скорости.
8. Почему равны векторы тангенциального и нормального ускорения в случае криволинейного движения материальной точки? Как найти модули этих векторов?
9. Чему равны векторы тангенциального и нормального ускорения и их модули для вращательного движения материальной точки?
10. Как связан вектор полного ускорения с векторами углового ускорения и угловой скорости для вращательного движения? Запишите формулу связи и проанализируйте ее.

Примеры решения задач

Задача №1. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить угол, под которым тело брошено к горизонту, если максимальная высота подъема тела равна $1/4$ дальности его полета (рис. 1.1).

Дано: $h = \frac{1}{4} s$.

Найти: α .

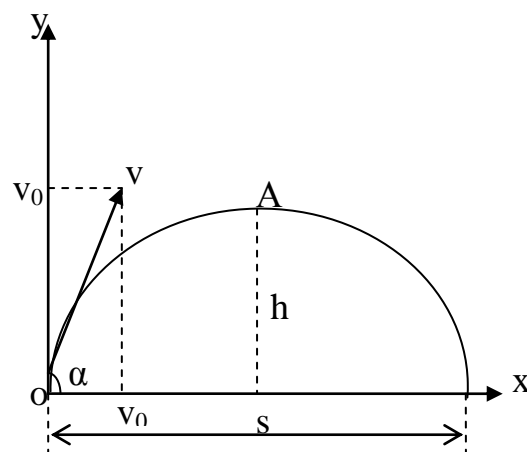


Рис. 1.

Решение

Составляющие начальной скорости тела $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$, $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$;

$$h = \frac{1}{4}s, \quad h = v_{0y}t - \frac{gt_1^2}{2}, \quad \text{где } t_1 = \frac{1}{2}t - \text{ время подъема, } t - \text{ время полета};$$

$$v_y = v_{0y} - gt_1, \quad v_y = 0 \quad (\text{в точке А}), \quad \text{откуда } t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g};$$

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} - \frac{g}{2} \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g};$$

$$s = v_{0x}t = 2v_{0x}t_1 = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}; \quad \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{2g}, \quad \text{откуда}$$

$$\sin \alpha = \cos \alpha, \quad \text{или } \operatorname{tg} \alpha = 1. \quad \alpha = \operatorname{arctg} 1 = 45^\circ.$$

Ответ: $\alpha = 45^\circ$.

Задача №2. Из двух точек А и В, расположенных на расстоянии 90 м друг от друга, одновременно в одном направлении начали движение два тела. Тело, движущееся из точки А, имело скорость 5 м/с, а тело, движущееся из точки В, - скорость 2 м/с. Через какое время первое тело нагонит второе? Какое перемещение совершит каждое тело?

$$\text{Дано: } x_{02} = 90 \text{ м}, \quad v_1 = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad v_2 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Найти: S_1, S_2, t_1 -?

$$\text{Решение: } x_1 = v_1 \cdot t$$

$$x_2 = x_{02} + v_2 \cdot t$$

$$t = t_1$$

$x_1 = x_2$, для точки С, в которой первое тело догонит второе.

$$v_1 \cdot t = x_{02} + v_2 \cdot t_1$$

$$v_1 \cdot t - v_2 \cdot t_1 = x_{02}$$

$$t_1 \cdot (v_1 - v_2) = x_{02}$$

$$t_1 = \frac{x_{02}}{v_1 - v_2}$$

$$S_1 = x_1 - x_{01} = v_1 \cdot t_1$$

$$S_2 = x_2 - x_{02} = v_2 \cdot t_1$$

$$t_1 = \frac{90 \text{ м}}{5 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 30 \text{ с}$$

$$S_1 = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 30 \text{с} = 150 \text{ м}$$

$$S_2 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 30 \text{с} = 60 \text{ м}$$

Ответ: $t_1 = 30 \text{с}$, $S_1 = 150 \text{ м}$, $S_2 = 60 \text{ м}$

Задачи для самостоятельного решения

1. Движения двух материальных точек описываются следующими уравнениями: $x_1 = 20 + 2t - 4t^2$ и $x_2 = 2 + 2t + 0,5t^2$. В какой момент времени скорости этих точек будут одинаковыми? Чему равны скорости и ускорения точек в этот момент?
2. С высоты 1000 м падает тело без начальной скорости. Одновременно с высоты 1100 м падает другое тело с некоторой начальной скоростью. Оба тела достигают земли в один и тот же момент времени. Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти начальную скорость второго тела.
3. Велосипедист проехал первую треть пути со скоростью 10 м/с, затем половину пути со скоростью 6 м/с и оставшуюся часть пути со скоростью 2 м/с. Чему равна средняя скорость велосипедиста?
4. Мяч бросили со скоростью 10 м/с под углом 40° к горизонту. Не учитывая сопротивления воздуха, найти: а) на какую высоту поднимется мяч? б) на каком расстоянии от места бросания мяч упадет на землю? в) сколько времени мяч будет в движении?
5. Камень, брошенный горизонтально, упал на землю через 0,5 с на расстоянии 5 м по горизонтали от места бросания. Не учитывая сопротивления воздуха, определить: а) с какой высоты брошен камень? б) чему равна начальная скорость камня? в) с какой скоростью камень упал на землю? г) какой угол составляет траектория камня с горизонтом в точке его падения на землю?

Практическое занятие №2,3

Динамика материальной точки.

Законы Ньютона.

Цель занятия - усвоить методы классической механики и научиться решать задачи динамики материальной точки, динамики поступательного движения, определять энергетические характеристики и величины.

Контрольные вопросы и задания

1. Изложить понятие инертности.
2. Дать определение массы.
3. Дать определение силы.

4. Изложить первый закон Ньютона.
5. Изложить второй закон Ньютона.
6. Изложить третий закон Ньютона.
7. Дать определение силы тяжести.
8. Дать определение веса тела.
9. Записать силу трения.
10. Записать закон Гука.

Примеры решения задач

Задача 1. Шахтная клетка в покое весит 2500Н . С каким ускорением опускается клетка, если ее вес уменьшается до 2000Н ?

Дано: $P=2500\text{Н}$, $P' = 2000\text{Н}$

Найти: $a - ?$

Решение: Запишем II закон Ньютона в векторном виде: $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$

Запишем II закон Ньютона в проекциях на векторную ось:

$mg - T = ma$, где $P = mg$ - в покое

$T = P_1$ - при движении клетки

$$P - P_1 = ma$$

$$a = \frac{P - P_1}{m}$$

$$m = \frac{P}{g}$$

$$a = \frac{(P - P_1)g}{P}$$

$$a = \frac{(2500\text{Н} - 2000\text{Н}) \cdot 9,8\text{ м/с}^2}{2500\text{Н}} = 2\text{ м/с}^2$$

Ответ: $a = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Задача 2. Грузы одинаковой массы ($m_1 = m_2 = 0,5\text{ кг}$) соединены нитью и перекинуты через невесомый блок, укрепленный на конце стола (рис. 2). Коэффициент трения груза m_2 о стол $\mu = 0,15$. Пренебрегая трением в блоке, определить: а) ускорение, с которым движутся грузы; б) силу натяжения нити.

Дано: $m_1 = m_2 = 0,5$ кг; $\mu = 0,15$.

Найти: a, T .

Решение:

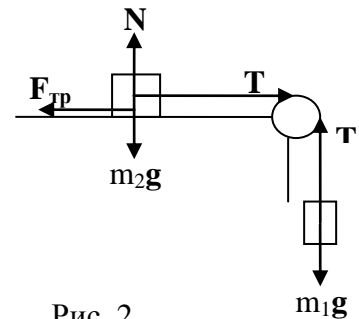


Рис. 2.

По второму закону Ньютона уравнения движения грузов имеют вид:

$$\begin{cases} m_1 a = m_1 g - T, \\ m_2 a = T - \mu m_2 g; \end{cases}$$

$m_1 a + m_2 a = m_1 g - \mu m_2 g$, откуда

$$a = \frac{(m_1 - \mu m_2)g}{m_1 + m_2} = \frac{(0,5 - 0,15 \cdot 0,5)9,8}{0,5 + 0,5} = 4,17 \text{ м/с}^2;$$

$$T = m_1(g - a) = 0,5(9,8 - 4,17) = 2,82 \text{ Н.}$$

Ответ: $a = 4,17 \text{ м/с}^2, T = 2,82 \text{ Н.}$

Задача №3. Под действием силы в 20 Н материальная точка движется с $a = 0,4 \text{ м/с}^2$. С каким ускорением будет двигаться точка под действием силы в 50 Н?

Дано:

$$F_1 = 20 \text{ Н}$$

$$a_1 = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$F_2 = 50 \text{ Н}$$

Решение:

Движение материальной точки является равноускоренным.

По второму закону Ньютона можно определить массу материальной точки.

$$m = \frac{F_1}{a_1}$$

$$m = \frac{F_2}{a_2}$$

$$\frac{F_1}{a_1} = \frac{F_2}{a_2}$$

$$a_2 = \frac{a_1 \cdot F_2}{F_1}$$

$$a_2 = \frac{0,4 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 50\text{Н}}{20\text{Н}} = 1 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$$

Ответ: $a_2 = 1 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$

Задача №4. На тело массой 2160 кг, лежащее на горизонтальной дороге, действует сила, под действием которой тело за 30 с пройдет расстояние 500 метров. Найти величину этой силы.

Дано: $m=2160$ кг, $t=30$ с, $S=500$ м

Найти: $F=?$

Решение:

$$F = m \cdot a$$

$$S = \frac{a \cdot t^2}{2}$$

$$a = \frac{2 \cdot S}{t^2}$$

$$F = \frac{2 \cdot m \cdot S}{t^2}$$

$$F = \frac{2 \cdot 2160 \text{ кг} \cdot 500 \text{ м}}{900 \text{ с}^2} = 2400 \text{ Н}$$

Ответ: $F=2400$ Н

Задачи для самостоятельного решения

1. К нити подвешен груз массой 500 г. Определить силу натяжения нити, если нить с грузом: а) поднимать с ускорением 2 м/с^2 ; б) опускать с тем же ускорением.
2. Человек тянет за один крючок динамометр с силой 60 Н, другой крючок динамометра прикреплен к стене. Каковы показания динамометра?
3. Две силы $F_1 = 4 \text{ Н}$ и $F_2 = 3 \text{ Н}$ приложены к одной точке тела. Угол между векторами \vec{F}_1 и \vec{F}_2 равен 90° . Чему равен модуль равнодействующей этих сил?
4. Два тела, связанные невесомой нерастяжимой нитью (см. рис.) тянут с силой 15 Н вправо по столу. Массы брусков $m_1 = 1 \text{ кг}$ и $m_2 = 4 \text{ кг}$, $\mu = 0,1$.

С каким ускорением движутся бруски? Чему равна сила натяжения нити?

5. На полу лифта находится тело массой 50 кг. Лифт поднимается так, что за 3 с его скорость изменяется от 8 до 2 м/с. Определите силу давления тела на пол лифта.

6. Тепловоз на горизонтальном участке пути длиной 600 м развивает постоянную силу тяги 147 кН. Скорость поезда возрастает при этом от 36 до 54 км/ч. Определите силу сопротивления движению, считая её постоянной. Масса поезда 1000 т.

Практическое занятие №5,6

Движение тела по наклонной плоскости

Цель: усвоение обучающимися стандартного минимума фактических знаний о характерных особенностях движения тела по наклонной плоскости.

Примеры решения задач

Задача №1. Троллейбус массой 12 т движется равномерно под гору с уклоном 0,05 рад при силе тяги 4 кН. Определить силу сопротивления движению.

Дано: $m=12000$ кг, $\alpha = 0,05$ рад, $a = 0$, $F_T = 4 \cdot 10^3$ Н

Найти: $F_c = ?$

Решение:

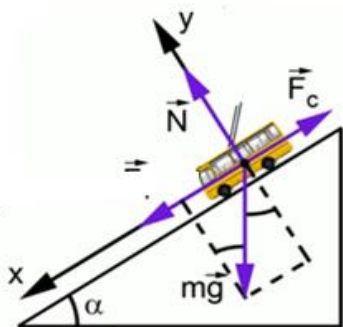


Рис. 3

Решение:

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_c + \vec{F}_T = m\vec{a} \text{ по } ox: mg \cdot \sin \alpha + F_T - F_c = 0$$

при $\alpha \leq 0,1$ рад $\alpha = \sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha$

$$\cos \alpha = 1 \quad F_c = mg \cdot \alpha + F_T \quad F_c = 12 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0,05 + 4 \cdot 10^3 = 10 \text{ [кН]}$$

Ответ: $F_c = 10 \text{ кН}$.

Задача №2. На наклонной плоскости с углом 30° находится брусок массой m , на который действует горизонтальная сила, равная $mg/2$, прижимающая брусок к поверхности плоскости. С каким ускорением будет двигаться брусок при коэффициенте трения, равном $0,065$?

Дано: $\alpha = 30^\circ, F = \frac{mg}{2}, \mu = 0.065$

Найти: $a = ?$

Решение:

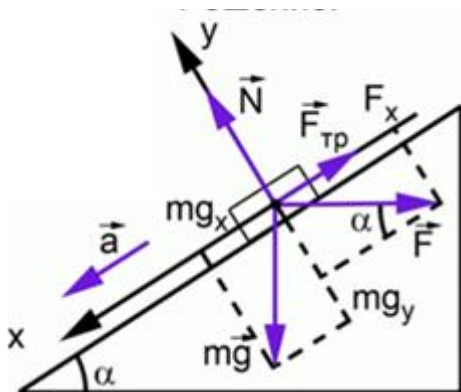


Рис. 4.

Решение:

$$mg_x = mg \cdot \sin \alpha = \frac{mg}{2}; F_x = F \cdot \cos \alpha = \frac{mg}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}; mg_x > F_x$$

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\text{по } ox: mg \cdot \sin \alpha - \mu N - F \cdot \cos \alpha = ma$$

$$\text{по } oy: -mg \cdot \cos \alpha + N - F \cdot \sin \alpha = 0$$

$$N = mg \cdot \cos \alpha + \frac{mg}{2} \sin \alpha \quad mg \cdot \sin \alpha - \mu(mg \cdot \cos \alpha + \frac{mg}{2} \sin \alpha) - \frac{mg}{2} \cos \alpha = ma$$

$$a = g(\sin \alpha - \frac{\cos \alpha}{2} - \mu \cos \alpha - \frac{\mu \sin \alpha}{2})$$

$$a = 10(0,5 - \frac{\sqrt{3}}{4} - 0,065 \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{0,065}{4}) = 2,5(2 - 1,73 - 0,13 \cdot 1,73 - 0,065) = -0,05$$

Ответ: $a = 0$.

Задачи для самостоятельного решения

1. К нити подвешен груз массой 500 г. Определить силу натяжения нити, если нить с грузом: а) поднимать с ускорением 2 м/с²; б) опускать с тем же ускорением.

2. На тело массой 10 кг, лежащее на наклонной плоскости (угол α равен 20°), действует горизонтально направленная сила 8 Н. Пренебрегая трением, определить: а) ускорение тела; б) силу, с которой тело давит на плоскость.
3. С вершины клина, длина которого 2 м и высота 1 м, начинает скользить небольшое тело. Коэффициент трения между телом и клином $\mu=0,15$. Определить: а) ускорение, с которым движется тело; б) время прохождения тела вдоль клина; в) скорость тела у основания клина.
4. Два груза с неравными массами m_1 и m_2 ($m_1 > m_2$) подвешены на легкой нити, перекинутой через неподвижный блок. Считая нить и блок невесомыми и пренебрегая трением в оси блока, определить: а) ускорение грузов; б) силу натяжения нити.

Практическая работа №7,8

Механическая энергия и импульс.

Цель: выработка навыков решения задач; обобщить и систематизировать знания о законе сохранения и превращения механической энергии.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое энергия, работа, мощность?
2. Как определяется работа переменной силы?
3. Дайте определения кинетической и потенциальной энергии.
4. В чем заключается закон сохранения механической энергии? Для каких систем он выполняется?
5. Каким свойством времени обусловлена справедливость закона сохранения механической энергии?
6. В чем физическая сущность закона сохранения и превращения энергии? Почему он является фундаментальным законом природы?
7. Как на основе закона сохранения механической энергии охарактеризовать положения устойчивого и неустойчивого равновесия консервативной системы?

Примеры решения задач

Задача 1. Снаряд массой 5 кг, вылетевший из орудия, в верхней точке траектории имеет скорость 300 м/с. В этой точке он разорвался на два осколка, причем больший осколок массой 3 кг полетел в обратном направлении со скоростью 100 м/с. Определить скорость второго, меньшего, осколка.

Дано: $m=5$ кг; $v=300$ м/с; $m_1=3$ кг; $v_1=100$ м/с.

Найти: v_2 .

Решение:

По закону сохранения импульса $m\bar{v} = m_1\bar{v}_1 + m_2\bar{v}_2$;

$$mv = -m_1v_1 + m_2v_2, \text{ где } m_2 = m - m_1; v_2 = \frac{mv + m_1v_1}{m_2} = \frac{5 \cdot 300 + 3 \cdot 100}{2} = 900 \text{ м/с.}$$

Ответ: $v_2 = 900 \text{ м/с.}$

Задача 2. С башни высотой 20 м горизонтально со скоростью 10 м/с брошен камень массой 400 г. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить кинетическую и потенциальную энергию камня через 1 с после начала движения.

Дано: $H = 20 \text{ м}; v_0 = 10 \text{ м/с}; m = 0,4 \text{ кг}; t = 1 \text{ с.}$

Найти: $E_k, E_n.$

Решение:

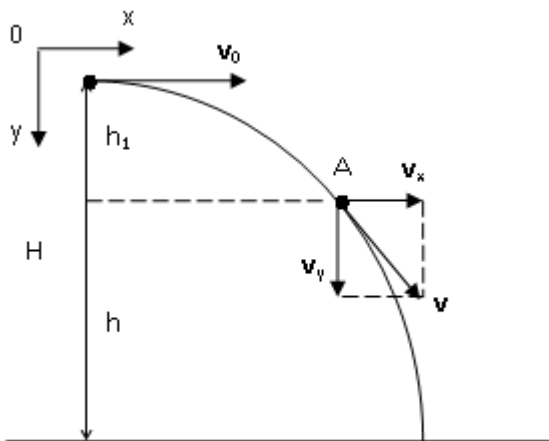


Рис. 5

В точке A $E_k = \frac{mv^2}{2}, E_n = mgh,$ где $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2},$

$$h = H - h_1, h_1 = \frac{gt^2}{2}; E_k = \frac{m}{2}(v_0^2 + g^2t^2), E_n = mg(H - \frac{gt^2}{2}).$$

Подставляя числовые данные, получим $E_k = 39,2 \text{ Дж}, E_n = 59,2 \text{ Дж.}$

Ответ: $E_k = 39,2 \text{ Дж}, E_n = 59,2 \text{ Дж.}$

Задача 3. Автомобиль массой 1,8 т движется в гору, уклон которой составляет 3 м на каждые 100 м пути. Определить: а) работу, совершаемую двигателем автомобиля на пути 5 км, если коэффициент трения равен 0,1; б) развиваемую двигателем мощность, если известно, что этот путь был преодолён за 5 мин.

Дано: $m = 1800 \text{ кг}; \sin\alpha = 0,03; s = 5000 \text{ м}; \mu = 0,1; t = 300 \text{ с.}$

Найти: A, P .

Решение:

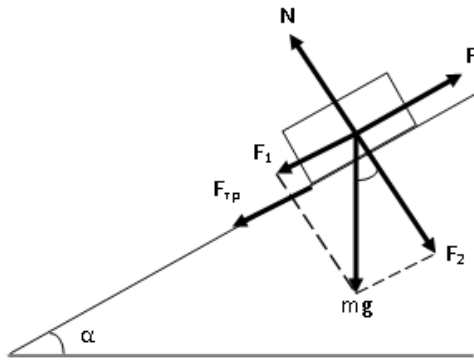


Рис. 6

$$A = F_1 s + F_{тр} s, \quad \text{где} \quad F_1 = mg \sin \alpha, \quad F_{тр} = \mu mg \cos \alpha; \quad A = mgs(\sin \alpha + \mu \cos \alpha);$$

$$A = mgs(\sin \alpha + \mu \cos \alpha); \quad P = \frac{A}{t}.$$

Подставляя числовые данные, получим:

$$A = 11,5 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

$$P = 38,3 \cdot 10^3 \text{ Вт.}$$

Ответ: $A = 11,5 \text{ МДж}, P = 38,3 \text{ кВт.}$

Задача 4. Снаряд массой 100 кг, летящий горизонтально вдоль железнодорожного пути со скоростью 500 м/с, попадает в вагон с песком массой 10 т и застревает в нём.

Найти скорость вагона, если он движется со скоростью 36 км/ч навстречу снаряду.

Дано: $m_1 = 100 \text{ кг}, v_1 = 500 \text{ м/с}, m_2 = 10 \text{ т} = 10^4 \text{ кг}, v_2 = 36 \text{ км/ч} = 10 \text{ м/с}$

Найти: V -?

Решение: $m_1 \cdot v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) \cdot v$

Х: $m_1 \cdot v_1 - m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot v$

$$v = \frac{m_1 \cdot v_1 - m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2}$$

$$v = \frac{100 \text{ кг} \cdot 500 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 10000 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{100 \text{ кг} + 10000 \text{ кг}} = -4,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $v = -4,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Задача 5. Мощность двигателя подъемного крана $P=4,4\text{кВт}$. Какой груз можно поднять при помощи этого крана на высоту 12 м в течении 30 сек. если подъем груза совершается равноускоренно? КПД=80%

Дано: $P= 4400\text{Вт}$, $h=12\text{м}$, $t=30\text{с}$, $\eta=80\%$

Найти: m -?

Решение:

Действующая мощность $P = 0,8P$

$$A = m g h$$

Таким образом $mgh = 0,8Pt$

откуда

$$m = \frac{0,8Pt}{gh}$$

$$m = \frac{4400\text{Вт} \cdot 0,8 \cdot 30\text{с}}{10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 12\text{м}} = 880\text{кг}$$

Ответ: $m=880\text{кг}$

Задача 6. Парашютист массой 70 кг отделился от неподвижно висящего вертолета и, пролетев 150 м до раскрытия парашюта, приобрел скорость 40 м/с. Чему равна работа силы сопротивления воздуха?

Дано: $m = 70\text{ кг}$, $v_0 = 0$, $v = 40\text{ м/с}$, $S=h = 150\text{ м}$

Найти: A =?

Решение:

За нулевой уровень потенциальной энергии выберем уровень, на котором парашютист приобрел скорость v . Тогда при отделении от вертолета в начальном положении на высоте h полная механическая энергия парашютиста, равна его потенциальной энергии

$$E = E_{\text{п}} = mgh,$$

поскольку его кинетическая энергия на данной высоте равна нулю. Пролетев расстояние

$$s = h,$$

парашютист приобрел кинетическую энергию, а его потенциальная энергия на этом уровне стала равна нулю. Таким образом, во втором положении полная механическая энергия парашютиста равна его кинетической энергии:

Следовательно,

$$A = E_k - E_{п};$$

$$A = - mgh.$$

$$A = - 70 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 150 \text{ м} = -16 \text{ 100 Дж}.$$

Работа имеет знак «минус», поскольку она равна убыли полной механической энергии.

Ответ: $A = -16 \text{ 100 Дж}$.

Задача №7. На какую высоту поднимется тело, подброшенное вертикально вверх, с начальной скоростью 20 м/с? При решении задачи не учитывается сопротивление воздуха.

Дано: $V=20 \text{ м/с}$;

Найти: $h=?$

Решение:

Кинетическая энергия, полученная в броске, будет переходить постепенно в потенциальную энергию:

$$E_k = E_p$$

$$\frac{m \cdot V^2}{2} = mgh$$

упрощаем это выражение до:

$$\frac{V^2}{2} = gh$$

При упрощенных расчетах принято величину ускорения свободного падения (g) рассчитывать как 10 Н/кг.

Математически преобразуем формулу для нахождения h :

$$h = \frac{V^2}{2 \cdot g} = \frac{20^2}{2 \cdot 10} = 20 \text{ [м]}$$

Ответ: $h = 20$.

Задача №8. Необходимо рассчитать жесткость пружины, если известно, что при растяжении ее на 20 см пружина приобрела потенциальную энергию упругодеформированного тела 20 Дж.

Дано: $x=20 \text{ см}=0,2 \text{ м}$; $E_p=20 \text{ Дж}$;

Найти: $k=?$

Решение:

$$E_p = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

умножаем правую и левую часть на 2, для получения промежуточной формулы:

$$2 \cdot E_p = k \cdot x^2$$

выражаем величину k:

$$k = \frac{2 \cdot E_p}{x^2}$$

$$k = \frac{2 \cdot 20}{(0,2)^2} = 1000 \left[\frac{\text{Н}}{\text{м}} \right]$$

Ответ: $k = 1000 \left[\frac{\text{Н}}{\text{м}} \right]$

Задачи для самостоятельного решения

1. Какую работу совершает двигатель автомобиля «Жигули» массой 1,3 т трогаясь с места на первых 75 м пути, если это расстояние автомобиль проходит за 10 с, а коэффициент сопротивления движению равен 0,05?
2. Сани тянут на пути 100 м с силой 80 Н за веревку, составляющую угол 30° к горизонту. Какая работа совершается при этом?
3. Тело массой 100 кг поднимают с ускорением 2 м/с^2 на высоту 25 м. Какая работа совершается при подъеме тела?
4. Какую кинетическую энергию нужно сообщить телу массой 0,50 кг, чтобы оно поднялось вертикально вверх на 10 м? Сопротивлением пренебречь.
5. С какой начальной скоростью v_0 надо бросать вниз мяч с высоты 2 м, чтобы он подпрыгнул на высоту 4 м? Считать удар о землю абсолютно упругим.
6. При подготовке игрушечного пистолета к выстрелу пружину жесткостью 8 Н/м сжали на 5 см. Какую скорость приобретет пуля массой 20 г при выстреле в горизонтальном направлении?
7. На какую высоту за минуту может поднять 400 м^3 воды насос, развивающий полезную мощность 2000 кВт?
8. Поезд массой 1200 т движется по горизонтальному пути с постоянной скоростью 54 км/ч. Определить коэффициент сопротивления движению, если тепловоз развивает полезную тяговую мощность 882 кВт.

9. Поезд массой 600 т равномерно поднимается в гору с уклоном 5 м на 1 км пути. Коэффициент трения 0,002. Определить развиваемую тепловозом мощность при скорости движения 36 км/ч.
10. Танк массой 30 т поднимается в гору с углом наклона 30° к горизонту. Какую максимальную скорость может развить танк при полезной мощности 360 кВт? Сопротивлением движению пренебречь.
11. Мальчик массой 22 кг, бегущий со скоростью 2,5 м/с, вскакивает сзади на платформу массой 12 кг. Чему равна скорость платформы массой с мальчиком?
12. Мяч массой 1,8 кг, движущийся со скоростью 6,5 м/с, под прямым углом ударяется в стенку и отскакивает от нее со скоростью 4,8 м/с. Чему равен импульс силы, действующей на мяч?
13. Вагон массой 30 т, движущийся по горизонтальному пути со скоростью 1,5 м/с, автоматически на ходу сцепляется с неподвижным вагоном массой 20 т. С какой скоростью движется сцепка?
14. Два неупругих шара массами 6 кг и 4 кг движутся со скоростью 8 м/с и 3 м/с соответственно, направленными вдоль одной прямой. С какой скоростью они будут двигаться после упругого соударения, если первый догоняет второй? Двигутся навстречу друг другу?
15. На тележку массой 100 кг, движущуюся равномерно по гладкой горизонтальной поверхности со скоростью 3 м/с, вертикально падает груз массой 50 кг. С какой скоростью будет двигаться тележка, если груз не соскальзывает с нее?
16. Граната, летевшая в горизонтальном направлении со скоростью 10 м/с, разорвалась на два осколка массами 1 кг и 1,5 кг. Скорость большего осколка осталась после разрыва горизонтальной и возросла до 25 м/с. Определите скорость и направление движения меньшего осколка.
17. Ракета, поднимающаяся вертикально вверх со скоростью 100 м/с, разрывается на три части. Две части по 0,5 кг каждая разлетаются горизонтально – одна на восток, другая на запад. Чему равна скорость третьей части, масса которой равна 1 кг?
18. Снаряд массой 40 кг, летевший в горизонтальном направлении со скоростью 600 м/с, разрывается на две части с массами 30 и 10 кг. Большая часть стала двигаться в прежнем направлении со скоростью 900 м/с. Определить величину и направление скорости меньшей части снаряда.
19. Определить импульс, полученный стенкой при ударе об нее шарика массой $m = 300$ г, если шарик двигался со скоростью $u = 8$ м/с под углом 60° к плоскости стенки. Удар о стенку считан упругим.
20. Шар массой $m_1 = 10$ кг сталкивается с шаром массой $m_2 = 4$ кг. Скорость первого шара $U_1 = 4$ м/с, второго $U_2 = 12$ м/с. Найти общую скорость шаров после

удара, когда шары движутся навстречу друг другу. Удар считать прямым, центральным и неупругим.

Практическая работа №9,10.

Механические колебания и волны.

Цель: научиться самостоятельно находить параметры и величины, характеризующие механические колебания и волны, анализировать и синтезировать полученную информацию.

Контрольные вопросы.

1. Что собой представляет потенциальная энергия колебаний груза на пружине и математического маятника?
2. Как выполняется закон сохранения энергии при совершении колебаний (см. рис. 1,2)? Ответ поясните математической записью закона.

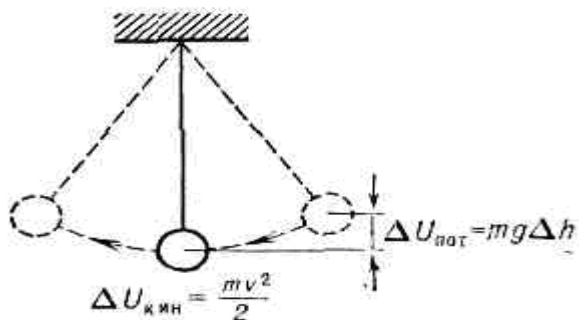
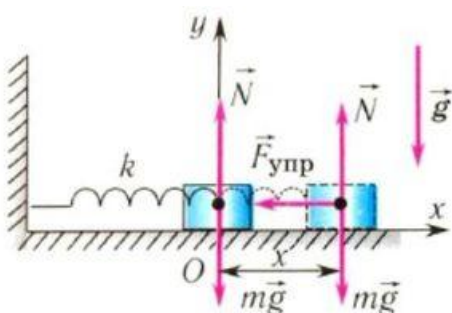


Рис.7. Колебания пружинного маятника.

Рис.8. Колебания математического маятника.

3. В каком случае в колебательной системе полная механическая энергия при свободных колебаниях остается неизменной?

Примеры решения задач

Задача1. По графику на рис.9 нужно определить: амплитуду (модульное значение), период колебаний, время всех колебаний. Рассчитать собственную частоту, циклическую частоту, записать уравнение гармонических колебаний.

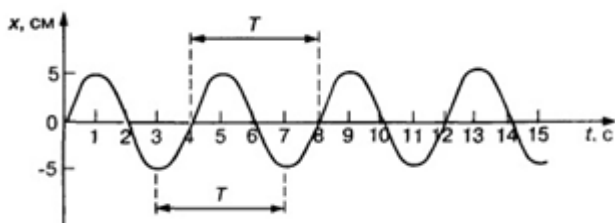


Рис.9.

Решение:

По графику на рис.9 определяем: амплитуду (модульное значение) $A = 5\text{ см}$; период колебаний $T = 4\text{ с}$; время всех колебаний $t = 15\text{ с}$.

Собственная частота колебаний: $\nu = \frac{1}{T}$, $\nu = 0,25\text{ с}$;

Циклическая частота: $\omega = 2\pi\nu$, $\omega = 0,5\pi$;

Фаза $\varphi = \omega \cdot t$, $\varphi = 7,5\pi$.

Записываем уравнение гармонических колебаний $x = A \cdot \sin(\varphi_0 + \omega \cdot t)$, т.е. $x = 0,05 \sin 7,5\pi$

Задача2. Материальная точка совершает гармонические колебания с амплитудой $A=4\text{ см}$ и периодом $T=2\text{ с}$. Напишите уравнение движения точки, если её движение начинается из положения $x_0 = 2\text{ см}$.

Дано: $A=0,04\text{ м}$, $T=0,02\text{ м}$, $x_0 = 2\text{ см}$

Найти: $x(t)$ -?

Решение:

Запишем уравнение гармонических колебаний:

$$x = A \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi)$$

В начальный момент времени $t=0$ положение точки:

$$x_0 = A \cdot \cos\varphi$$

Отсюда найдём начальную фазу:

$$\cos\varphi = \frac{x_0}{A} = 0,5; \quad \varphi = \frac{\pi}{3}$$

Зная период, можем найти угловую частоту колебаний:

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \pi\text{ с}^{-1}$$

Подставляя значения амплитуды, угловой частоты и начальной фазы в уравнение колебаний, получаем:

$$x = 0,04 \cdot \cos\left(\pi \cdot t + \frac{\pi}{3}\right), \text{ м}$$

Ответ: $x = 0,04 \cdot \cos\left(\pi \cdot t + \frac{\pi}{3}\right)$, м

Задача3. Спиральная пружина обладает жёсткостью $k=25$ Н/м. Определите, тело какой массы m должно быть подвешено к пружине, чтобы за $t=1$ мин совершалось 25 колебаний.

Дано: $k = 25 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$, $t=60$ с, $N=25$

Найти: $m=?$

Решение:

По определению период равен:

$$T = \frac{t}{N}$$

Период также может быть выражен через массу тела и жёсткость пружины:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Объединяя формулы, найдём массу:

$$m = k \cdot \left(\frac{T}{2 \cdot \pi}\right)^2 = \frac{k \cdot t^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot N^2} = 3,65 \text{ кг}$$

Ответ: $m=3.65$ кг

Задачи для самостоятельного решения

1. Грузик, колеблющийся на пружине, за 8 с совершил 32 колебания. Найти период и частоту колебаний.
2. Частота колебаний крыльев комара 600 Гц, а период колебаний крыльев шмеля 5 мс. Какое из насекомых сделает при полете больше взмахов крыльями за 1 мин и на сколько?
3. Какова масса груза, колеблющегося на пружине жесткостью 0,5 кН/м, если при амплитуде колебаний 6 см он имеет максимальную скорость 3 м/с?
4. Как относятся длины математических маятников, если за одно и то же время один совершает 10, а второй 30 колебаний?
5. Рыболов заметил, что за 10 с поплавок совершил на волнах 20 колебаний, а расстояние между соседними гребнями волн 1,2 м. Какова скорость распространения волн?
6. Частотный диапазон рояля от 90 до 9000 Гц. Найти диапазон длин звуковых волн в воздухе.

Практическая работа №11,12

Характеристики молекул. Основные положения МКТ

Цель: усвоить основные законы молекулярно-кинетической теории газов научиться применять их при решении задач.

Контрольные вопросы:

1. Сформулируйте основные положения МКТ.
2. Дайте определение диффузии и броуновского движения.
3. Какой газ называют «идеальным»
4. Когда газ можно считать «идеальным»
5. При каких условиях происходит испарение?
6. Какой пар называют насыщенным?
7. Что такое влажность воздуха? Как определяется влажность воздуха?

Примеры решения задач

Задача №1. Какое количество вещества содержится в алюминиевой отливке массой 5,4 кг?

Дано: $m(\text{Al})=5,4 \text{ кг}$, $M(\text{Al})=27 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$

Найти: $\nu = ?$

Решение:

$$\nu = \frac{m}{M}$$

$$\nu = \frac{5,4 \text{ кг}}{27 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} = 200 \text{ моль}$$

Ответ: $\nu = 200 \text{ моль}$.

Задача №2. Чему равно число молекул в 10 г кислорода?

Дано: $m(\text{O}_2)=10 \text{ г}=0,01 \text{ кг}$, $M(\text{O}_2) = 32 \cdot 10^{-3} \text{ моль}^{-1}$, $N_a=6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

Найти: N -?

Решение:

$$\nu = \frac{N}{N_a}$$

$$\nu = \frac{m}{M}$$

$$\frac{N}{N_a} = \frac{m}{M}$$

$$N = \frac{N_a \cdot m}{M}$$

$$N = \frac{0,01 \text{ кг} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ Моль}^{-1}}{32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{Моль}}} = 1,88 \cdot 10^{23}$$

Ответ: $N \approx 1,88 \cdot 10^{23}$

Задача №3. Определите сколько молекул воды в объёме 2л.

Дано: $V = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, $N_a = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$, $\rho(H_2O) = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, $M(H_2O) = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{Моль}}$

Найти: N -?

Решение:

$$N = \frac{N_a \cdot m}{M}$$

Найдём массу воды через объём и плотность:

$$N = \frac{V \cdot \rho}{M} \cdot N_A$$

$$N = \frac{10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ Моль}^{-1}}{18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{Моль}}} = 6,7 \cdot 10^{25}$$

Ответ: $N = 6,7 \cdot 10^{25}$

Задача №4. Каково давление кислорода, если средняя квадратичная скорость его молекул $600 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, а его плотность $1,54 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$?

Дано: $v = 600 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $\rho = 1,54 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Найти: p -?

Решение:

$$p = \frac{1}{3} m_0 \cdot n \cdot v^2$$

$$m_0 \cdot n = m_0 \cdot \frac{N}{V} = \frac{m}{V} = \rho$$

$$p = \frac{1}{3} \rho \cdot v^2$$

$$p = \frac{1}{3} \cdot 1.54 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \left(600 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2 = 184800 \text{ Па}$$

Ответ: $p=1,848 \cdot 10^5 \text{ Па}$

Задачи для самостоятельного решения

1. Определить относительную молекулярную массу молекулы серной кислоты.
2. Сколько молекул в 4 молях углекислого газа?
3. Чему равно количество вещества в 2 куб. дм воды?
4. Чему равна масса молекулы азота, если известна молярная масса азота.
5. Под каким давлением находится газ в сосуде, если известны средний квадрат скорости его молекул, концентрация молекул и масса одной молекулы
6. Определить среднюю кинетическую энергию каждого атома газа в колбе, заполненной гелием, если известны объем колбы, общее число атомов газа, давление газа в колбе.
7. Вычислить средний квадрат скорости движения молекул газа, если известны масса газа, объем газа и давление газа.

Практическая работа №13,14

Уравнение Менделеева-Клапейрона. Газовые законы.

Цель: Повторить основные формулы, научиться применять полученные знания для решения задач, провести анализ полученных результатов

Примеры решения задач:

Задача №1. В сосуде объемом 1 л находится 2 г углекислого газа при температуре 17 °С. Каково давление газа?

Дано: $V=10^{-3} \text{ м}^3$, $m=2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$, $T=290 \text{ К}$, $M_r=44$

Найти: p -?

Решение:

Так как состояние газа не изменяется, то применяем уравнение Менделеева-

Клапейрона: $PV = \frac{m}{M} RT$

Все параметры, кроме искомого p , известны. Выражаем p : $P = \frac{mRT}{MV}$

$$P = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 290 \text{ К}}{44 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Ответ: $p = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Па}$

Задача №2. В цилиндре двигателя в начале такта сжатия температура воздуха была 40°C , а давление $0,8 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Во время сжатия объем воздуха уменьшился в 15 раз, а давление увеличилось до $3,5 \cdot 10^6 \text{ Па}$. Определить температуру сжатого воздуха.

Дано: $P_1 = 0,8 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $T_1 = 313 \text{ К}$, $P_2 = 3,5 \cdot 10^6 \text{ Па}$, $V_1 = 15V_2$, $V_1 = 15V_2$

Найти: T_2 -?

Решение:

Так как параметры газа при переходе из первого состояния во второе изменяются, то для связи между параметрами применяем объединенный газовый закон:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

Из него выражаем искомый параметр T_2 :

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1},$$

$$T_2 = 313 \text{ К} \cdot \frac{3,5 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot V_2}{0,8 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 15V_2} = 913 \text{ К}$$

Ответ: $T_2 = 913 \text{ К}$

Задача №3. На графике в координатных осях $P(V)$ представлен замкнутый цикл для некоторой массы идеального газа. Представить этот цикл в координатных осях

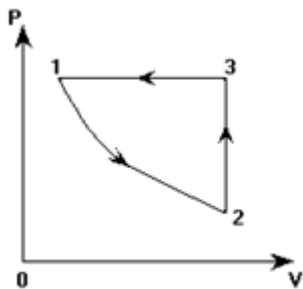
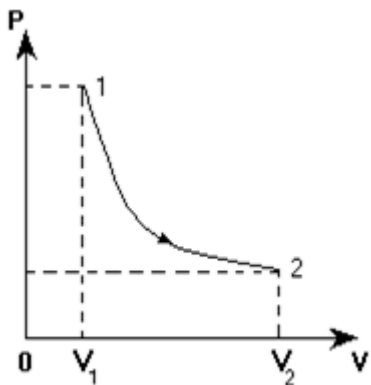


Рис. 10

Решение:

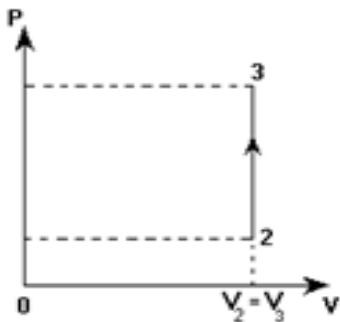
Проанализируем, как изменяются параметры газа при каждом изменении состояния:

1. **Переход 1-2.** Линия 1-2 - изотерма. Значит, температура остается постоянной ($T = \text{const}$). Давление P при переходе из состояния 1 в состояние 2 уменьшается (это видно из графика). Объем V возрастает (также из графика).



Процесс «1-2» - изотермическое расширение.

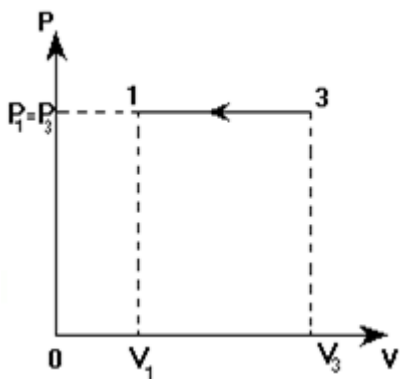
2. **Переход 2-3.** Остается постоянным объем ($V = \text{const}$). Давление газа при переходе из состояния 2 в состояние 3 возрастает. По закону Шарля: $P \sim T$. Значит, $T_3 > T_2$ (температура растет).



Процесс «2-3» - изохорное нагревание.

3. **Переход 3-1.** Не изменяется давление ($P = \text{const}$). Объем уменьшается ($V_1 < V_3$). Из закона Гей-Люссака ($P \sim T$) следует:

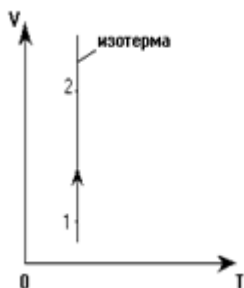
$T_1 < T_3$. Температура уменьшается.



Процесс «3-1» - изобарное охлаждение.

Изображаем эти процессы в координатных осях $V(T)$:

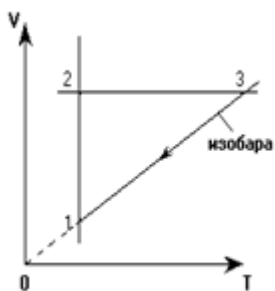
Переход 1-2. С учетом анализа: $T = const$, P уменьшается, V возрастает. Произвольно изображаем изотерму. На ней выбираем точки «1» и «2» с учетом того, что $V_2 > V_1$.



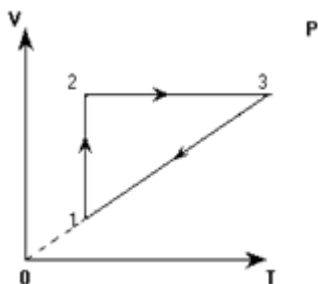
3. **Переход 2-3.** Через точку «2» проводим изохору, так как процесс 2-3 - изохорный ($V = const$). Точка «3» находится на этой изохоре, правее точки «2», так как согласно анализу $T_3 > T_2$. Точное положение точки «3» определится следующим построением изобары 3-1: точка «3» найдется пересечением изохоры 2-3 и изобары 3-1.



4. **Переход 3-1.** Через точку «1» проводим изобару и тем самым определяем положение точки «3». При переходе 1-3 объем газа уменьшается, что также соответствует анализу.



Итак, данный замкнутый процесс имеет следующий вид в координатных осях $V(T)$:



Задача №4. Два баллона соединены трубкой с краном. В первом находится газ под давлением 10^5 Па, во втором - под давлением $0,6 \cdot 10^5$ Па. Емкость первого баллона 1 л, второго - 3 л. Какое давление установится в баллонах, если открыть кран? Температуру считать постоянной.

Дано: $P_1 = 10^5$ Па, $P_2 = 0,6 \cdot 10^5$ Па, $V_1 = 10^{-3}$ м³, $V_2 = 3 \cdot 10^{-3}$ м³,

Найти: $p' = ?$

Решение:

В этой задаче происходит изменение состояния обоих газов. Газ из первого баллона распределится по всему объему; P_1 и V_1 – его параметры в начальном состоянии, а P_1' и $V_1 + V_2$ – его параметры в конечном состоянии. Так как температура газа при этом не менялась, то для этого изменения состояния можно применить закон Бойля-Мариотта:

$$P_1 \cdot V_1 = P_1' \cdot (V_1 + V_2) .$$

Отсюда: $P_1' = \frac{P_1 \cdot V_1}{V_1 + V_2}$ - конечное давление газа из первого баллона.

Аналогично для давления газа из второго баллона:

$$P_2' = \frac{P_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2}$$

Согласно закону Дальтона общее давление газов равно сумме их давлений:

$$P' = P_1' + P_2' = \frac{P_1 \cdot V_1}{V_1 + V_2} + \frac{P_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2} = \frac{P_1 \cdot V_1 + P_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2};$$

$$P' = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 + 0,6 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{10^{-3} \text{ м}^3 + 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} = 0,7 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Ответ: $p' = 0,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Баллон содержит сжатый газ при 27°C и давлении 40 атм. Каково будет давление, если из баллона выпустить половину газа, а температуру понизить до 12°C ?
2. Тонкий резиновый шар радиусом 2 см наполнен воздухом при температуре 20°C и нормальном давлении. Каков будет радиус шара, если его опустить в воду с температурой 4°C на глубину 20 м?
3. Цилиндрический сосуд заполнен газом при температуре 27°C и давлении 100 кПа и разделен пополам подвижной перегородкой. Каким будет давление, если газ в одной половине нагреть до 57°C , а во второй половине температуру газа оставить без изменения?
4. Построить графики изопроцессов в координатных осях $P(V)$ и $P(T)$.

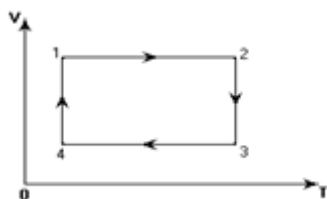


Рис. 11

5. Построить графики изопроцессов в координатных осях $P(T)$ и $V(T)$.

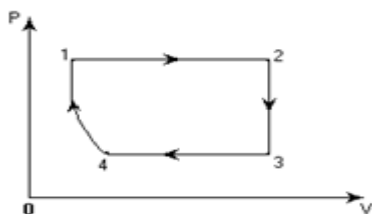


Рис. 12

Практическая работа №15.16

Внутренняя энергия. Применение первого закона термодинамики к изопроцессам

Цель: Повторить основные формулы, научиться применять полученные знания для решения задач, провести анализ полученных результатов.

Примеры решения задач

Задача №1. При изотермическом расширении идеальным газом совершена работа 15 кДж. Какое количество теплоты сообщено газу?

Дано: $A = 15 \text{ кДж} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ Дж}$, $T = \text{const}$

Найти: $Q = ?$

Решение:

При изотермическом процессе ($T = \text{const}$) внутренняя энергия газа не меняется, то есть

$$\Delta U = 0.$$

Тогда газ совершает механическую работу за счет сообщенного ему количества теплоты:

$$Q = A.$$

Таким образом, газу сообщено количество теплоты, равное

$$Q = 1,5 \cdot 10^4 \text{ Дж} = 15 \text{ кДж}$$

Ответ: $Q = 15 \text{ кДж}$.

Задача №2. В закрытом баллоне находится газ. При охлаждении его внутренняя энергия уменьшилась на 500 кДж. Какое количество теплоты отдал газ? Совершил ли он работу?

Дано: $\Delta U = 500 \text{ Дж}$

Найти: $Q = ?$ $A = ?$

Решение:

Газ находится в закрытом баллоне, следовательно, объем газа не меняется, то есть

$$V = \text{const} \quad \text{и} \quad \Delta U = 0.$$

Газ работу не совершает, т. к. $A = p\Delta V$ $A = 0$.

Тогда при изменении внутренней энергии газ отдает количество теплоты, равное $Q = 500 \text{ Дж}$ (знак « \gg » показывает, что газ выделяет количество теплоты)

Ответ: $Q = 500 \text{ Дж}$; $A = 0$.

Задача №3. Вычислите увеличение внутренней энергии кислорода массой 0,5 кг при изохорном повышении его температуры на 15 °С.

Дано: $m = 0,5$ кг, $V = \text{const}$, $\Delta t = 15$ С, $\Delta T = 15^{\circ}\text{K}$, $C_p = 920$ Дж/кг·°К

Найти: ΔU ?

Решение:

Согласно первому закону термодинамики:

$$\Delta U = Q + A$$

Работа газа

$$A = p \Delta V = 0,$$

т. к. $V = \text{const}$, $\Delta U = 0$.

То есть $\Delta U = Q$ - внутренняя энергия газа увеличилась за счет получения количества теплоты.

Количество теплоты, полученное кислородом:

$$Q = C_p m \Delta T$$

где C_p - удельная теплоемкость кислорода при постоянном давлении (находят из таблиц).

Следовательно, $\Delta U = C_p \cdot m \cdot \Delta T$;

$$\Delta U = 920 \text{ Дж/кг} \cdot ^{\circ}\text{K} \cdot 0,5 \text{ кг} \cdot 15^{\circ}\text{K} = 6900 \text{ Дж}.$$

Ответ: $\Delta U = 6900$ Дж = 6,9 кДж.

Задачи для самостоятельного решения

1. В цилиндре под поршнем находится 1,25 кг воздуха. Для его нагревания на 4°С при постоянном давлении было затрачено 5 кДж теплоты. Определите изменение внутренней энергии воздуха, молярная масса которого 0,029 кг/моль.
2. Для изобарного нагревания газа, количество вещества которого 400 моль, на 300 °К ему сообщили количество теплоты 5,4 МДж. Определите работу газа и приращение его внутренней энергии.
3. В некотором процессе газ совершил работу $A=30$ Дж, получив при этом количество теплоты $Q=50$ Дж. Как изменилась внутренняя энергия газа?
Ответ: 20 Дж.

4. В начальном состоянии внутренняя энергия идеального газа $U_1=25$ Дж. Газ изохорно нагрели, сообщив ему, количество теплоты $Q=50$ Дж. Определите величину внутренней энергии в конечном состоянии. Ответ: 75 Дж.
5. Идеальный газ, находящийся под давлением $p=2 \cdot 10^5$ Па и количеством 2 моль, изобарно нагрелся от температуры $T_1=300$ К до $T_2=370$ К. Количество теплоты переданное газу $Q=590 \cdot 10^{-5}$ Дж. Определите изменение внутренней энергии газа. Ответ: 83 мкДж.
6. При изотермическом сжатии газ передал окружающим телам теплоту 800 Дж. Какую работу совершил при этом газ? Какую работу совершили внешние силы?
7. При адиабатическом сжатии газа была совершена работа 200 Дж. Как и насколько изменилась при этом внутренняя энергия газа?
8. В процессе адиабатического расширения газ совершил работу равную $3 \cdot 10^3$ Дж. Как и на сколько изменилась внутренняя энергия газа, если при его адиабатическом сжатии над ним была совершена работа 200 Дж?
9. Один моль одноатомного идеального газа находится в закрытом сосуде при температуре 27°C . Какое количество теплоты необходимо сообщить газу, чтобы повысить его давление в три раза?
10. Идеальный газ переходит из состояния 1 в состояние 4 так, как показано на рисунке. Вычислите работу, совершаемую газом.

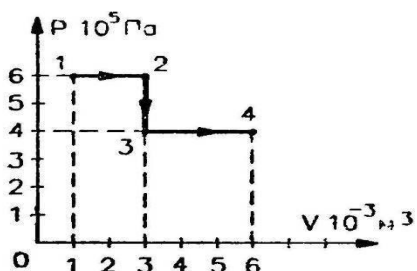


Рис. 13

Практическая работа №19,20

Напряженность электрического поля. Закон Кулона.

Цель: обобщить и систематизировать знания о принципе суперпозиции полей, законе Кулона, законе сохранения электрического заряда.

Примеры решения задач

Задача №1. Два одинаковых положительных точечных заряда расположены на расстоянии r друг от друга в вакууме. Определите напряжённость электрического поля в точке, расположенной на одинаковом расстоянии r от этих зарядов.

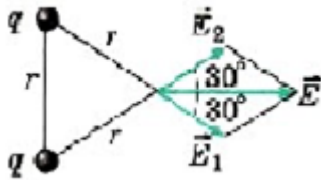


Рис. 14

Дано: $q_1 = q_2 = q, r$

Найти: $\vec{E}=?$

Решение: Согласно принципу суперпозиции полей искомая напряжённость \vec{E} равна геометрической сумме напряжённостей полей, созданных каждым из зарядов:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2.$$

Модули напряжённостей полей зарядов равны:

$$E_1 = E_2 = k \frac{q}{r^2}.$$

Диагональ параллелограмма, построенного на векторах \vec{E}_1 и \vec{E}_2 , есть напряжённость результирующего поля, модуль которой равен:

$$E = 2E_1 \cos 30^\circ = 2k \frac{q}{r^2} \frac{\sqrt{3}}{2} = k \frac{q\sqrt{3}}{r^2}.$$

Задача №2. Проводящая сфера радиусом $R = 0,2$ м, несущая заряд $q = 1,8 \cdot 10^{-4}$ Кл, находится в вакууме. Определите: 1) модуль напряжённости \vec{E} электрического поля на её поверхности; 2) модуль напряжённости \vec{E}_1 электрического поля в точке, отстоящей на расстоянии $r_1 = 10$ м от центра сферы; 3) модуль напряжённости \vec{E}_0 в центре сферы.

Дано: $R = 0,2$ м, $q = 1,8 \cdot 10^{-4}$ Кл, $r_1 = 10$ м

Найти: $\vec{E}=?$, $\vec{E}_1=?$, $\vec{E}_0=?$

Решение: Электрическое поле заряженной сферы вне её совпадает с полем точечного заряда. Поэтому

$$E = k \frac{q}{r^2}.$$

Следовательно,

$$1) E = k \frac{q}{R^2} \approx 4 \cdot 10^7 \text{ Н/Кл};$$

$$2) E_1 = k \frac{q}{r_1^2} \approx 16 \cdot 10^3 \text{ Н/Кл};$$

3) напряжённость поля в любой точке внутри проводящей сферы равна нулю: $E_0 = 0$.

Задача №3. В вершинах равностороннего треугольника со стороной $a = 3$ см находятся три точечных заряда $q_1 = q_2 = 10^{-9}$ Кл, $q_3 = -2 \cdot 10^{-9}$ Кл. Определите напряжённость электрического поля в центре треугольника в точке O .

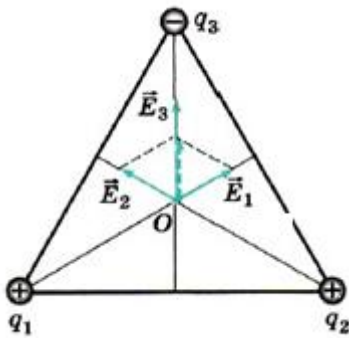


Рис. 15

Дано: $a = 3$ см, $q_1 = q_2 = 10^{-9}$ Кл, $q_3 = -2 \cdot 10^{-9}$ Кл

Найти: $E_0 = ?$

Решение: Согласно принципу суперпозиции полей напряжённость поля в точке O равна векторной сумме напряжённостей полей, созданных каждым зарядом в отдельности:

$$\vec{E}_0 = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3,$$

Причём

$$E_1 = E_2 = k \frac{q_1}{r^2},$$

$$E_3 = k \frac{|q_3|}{r^2}, \quad \text{где}$$

$$r = \frac{a}{2 \cos 30^\circ} = \frac{a}{\sqrt{3}}, \quad |q_3| = 2q_1.$$

На рисунке показаны векторы напряжённостей \vec{E}_1 , \vec{E}_2 , \vec{E}_3 . Сначала сложим векторы \vec{E}_1 и \vec{E}_2 . Как видно из рисунка, угол между этими векторами равен 120° . Следовательно, модуль суммарного вектора равен модулю $|\vec{E}_1|$ и направлен в ту же сторону, что и вектор \vec{E}_3 .

Окончательно запишем:

$$E_0 = E_1 + E_3 = k \frac{q_1}{r^2} + 2k \frac{q_1}{r^2} = 3k \frac{q_1}{r^2} = 9k \frac{q_1}{a^2} = 9 \cdot 10^4 \text{ Н/Кл.}$$

Ответ: $E_0 = 9 \cdot 10^4 \text{ Кл}$

Задача №4. Расстояние между двумя неподвижными зарядами $q_1 = -2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ и $q_2 = 10^{-9} \text{ Кл}$ равно 1 м. В какой точке напряжённость электрического поля равна нулю?

Дано: $q_1 = -2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ и $q_2 = 10^{-9} \text{ Кл}$, $r = 1 \text{ м}$

Найти: $x = ?$

Решение:

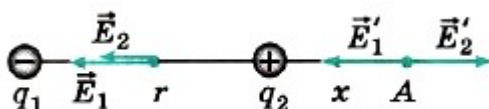


Рис. 16

Очевидно, что на отрезке между зарядами напряжённость не может быть равна нулю, так как напряжённости полей \vec{E}_1 и \vec{E}_2 , созданных этими зарядами, направлены в одну сторону.

Следовательно, напряжённость поля может быть равна нулю или справа, или слева от зарядов на линии, проходящей через эти заряды.

Так как модуль первого заряда больше, чем модуль второго, то эта точка должна находиться ближе ко второму заряду, т. е. в нашем случае справа от зарядов.

Расстояние от второго заряда до точки А обозначим через x . Тогда из условия,

что $|\vec{E}'_1| = \vec{E}'_2$, можно записать: $k \frac{2q_2}{(r+x)^2} = k \frac{q_2}{x^2}$.

Решая это уравнение, получаем $\left(\frac{x+r}{x}\right)^2 = 2$, $\frac{x+r}{x} = \pm \sqrt{2}$.

Окончательно

$$x = \frac{r}{\sqrt{2}-1} \approx 2,4 \text{ м.}$$

Ответ: $x = 2,4 \text{ м}$

Задача №5. Два одинаковых шарика обладают зарядами 8 нКл и -4 нКл. Шарики приводят в соприкосновение и разводят на прежние места. Как изменилась сила взаимодействия этих зарядов (заряженных шариков)?

Дано: $q_1 = 8 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$, $q_2 = -4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$

Найти: $\frac{F_1}{F}=?$

Решение:

Система из двух шариков замкнутая, следовательно, сумма зарядов, входящих в эту систему, остаётся величиной постоянной (закон сохранения электрического заряда):

$$q_1 + q_2 = Q$$

Так как шарики одинаковые, то при соприкосновении заряд перераспределится и заряды шариков будут одинаковыми ($q_1 = q_2 = q$):

$$q_1 + q_2 = 2q$$

$$q = \frac{Q}{2} = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{8 \cdot 10^{-9}}{2} = 4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

Запишем кулоновскую силу до взаимодействия зарядов (шариков):

$$F = \frac{k|q_1||q_2|}{\varepsilon \cdot r^2}$$

Кулоновская сила после взаимодействия зарядов (шариков):

$$F_1 = \frac{k|q||q|}{\varepsilon \cdot r^2} = \frac{kq^2}{\varepsilon \cdot r^2}$$

Отношение этих сил равно:

$$\frac{F_1}{F} = \frac{kq^2 \cdot \varepsilon \cdot r^2}{\varepsilon \cdot r^2 \cdot k|q_1||q_2|} = \frac{q^2}{|q_1||q_2|}$$

$$\frac{F_1}{F} = \frac{2 \cdot 10^{-9} \cdot 2 \cdot 10^{-9}}{8 \cdot 10^{-9} \cdot 4 \cdot 10^{-9}} = \frac{1}{8}$$

Ответ: $F = 8F_1$

Задача №6. Капля масла, масса которой 10^{-7} кг, находится в электрическом поле во взвешенном состоянии. Напряжённость электрического поля равна 100 Н/Кл. Необходимо определить заряд капли масла.

Дано: $m=10^{-7}$ кг; $E = 100 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$

Найти: $q=?$

Решение: На рисунке изображена капля, находящаяся в однородном электрическом поле (между положительно заряженной плоскостью (внизу) и отрицательно заряженной плоскостью (вверху)).

Капля будет находиться в состоянии покоя, если сила тяжести, действующая на неё, и сила электрического действия ($F_{эл}$) (то есть кулоновская сила, которая действует на заряд, сосредоточенный на капле) обеспечивают ей равновесие.

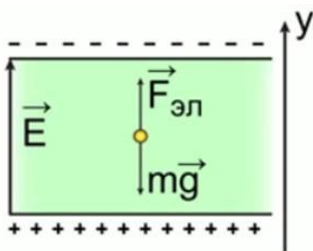


Рис. 17

$$\vec{F}_{\text{эл}} + \vec{mg} = 0$$

Согласно направлению векторов действующих сил и выбранной оси OY :

$$F_{\text{эл}} - mg = 0$$

$$F_{\text{эл}} = mg$$

Напряжённость электрического поля равна отношению электрической силы к заряду, помещённому в это поле:

$$E = \frac{F_{\text{эл}}}{q}$$

$$F_{\text{эл}} = E \cdot q$$

Так как $F_{\text{эл}} = mg$, то:

$$mg = E \cdot q$$

Из полученного выражения найдём заряд капли масла:

$$q = \frac{mg}{E}$$

$$q = \frac{10^{-7} \cdot 10}{100} = 10^{-8} \text{ Кл}$$

Ответ: $q = 10^{-8}$ Кл

Задачи для самостоятельного решения

1. В направленном вертикально вниз однородном электрическом поле напряжённостью $1,3 \cdot 10^5$ Н/Кл капелька жидкости массой $2 \cdot 10^{-9}$ г оказалась в равновесии. Определите заряд капельки и число избыточных электронов на ней.

2. Точечный заряд q — 10^{-9} Кл окружён сферической оболочкой из диэлектрика с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2$. Внешний и внутренний радиусы оболочки равны соответственно $R_1 = 5$ см, а $R_2 = 6$ см. Определите напряжённость $E(r)$ электрического поля в зависимости от расстояния от заряда и начертите график этой зависимости.

3. Три концентрические сферы радиусами R , $2R$ и $3R$ несут равномерно распределённые по их поверхностям заряды $q_1 = +2q$, $q_2 = -q$ и $q_3 = +q$ соответственно. Известно что точечный заряд q создаёт на расстоянии R электрическое поле напряжённостью $E_1 = 63 \text{ Н/Кл}$. Чему равна напряжённость поля в точке, отстоящей от центра сфер на расстоянии, равном $2,5R$?
4. С какой силой взаимодействуют два заряда по 10 нКл находящиеся на расстоянии 3 см друг от друга?
5. На каком расстоянии друг от друга заряды 1 мкКл и 10 нКл взаимодействуют с силой 9 мН ?
6. Во сколько раз надо изменить расстояние между зарядами при увеличении одного из них в 4 раза, чтобы сила взаимодействия осталась прежней?
7. В некоторой точке поля на заряд 2 нКл действует сила $0,4 \text{ мкН}$. Найти напряжённость поля в этой точке.

Практическая работа №21,22

Энергия конденсатора

Цель: Повторить основные формулы, научиться применять полученные знания для решения задач, провести анализ полученных результатов

Контрольные вопросы:

1. Как измерить разность потенциалов между двумя проводниками?
2. Почему диэлектрик ослабляет электростатическое поле?
3. Какой опыт доказывает отсутствие электрического поля внутри проводника?

Примеры решения задач

Задача №1. Какова емкость конденсатора, если при разности потенциалов $2,5 \cdot 10^3 \text{ В}$ на его обкладках находятся заряды по $50 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$?

Дано: $q = 50 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$, $\Delta\varphi = 2,5 \cdot 10^3 \text{ В}$

Найти: $C = ?$

Решение:

$$C = \frac{q}{\Delta\varphi}$$

$$C = \frac{50 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}}{2,5 \cdot 10^3 \text{ В}} = 2 \cdot 10^{-11} = 20 \text{ пФ}$$

Ответ: $C = 20 \text{ пФ}$

Задача №2. Определить толщину диэлектрика между пластинами плоского конденсатора, емкость которого $1400 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$, активная площадь пластин $14 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, если диэлектрик — слюда ($\epsilon = 6$).

Дано: $C = 1400 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$, $S = 14 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$

Найти: d — ?

Решение:

$$C = \frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot S}{d}$$

$$d = \frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot S}{C}$$

$$d = \frac{6 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{М}} \cdot 14 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}{1400 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}} = 0,531 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

Ответ: $d = 0,053 \text{ мм}$

Задача №3. Емкость батареи конденсаторов, образованной двумя последовательно включенными конденсаторами, $100 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$, а заряд $20 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$. Определите емкость второго конденсатора, а также разность потенциалов на обкладках каждого из них, если $C_1 = 200 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$.

Дано: $C_{\text{общ}} = 100 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$, $q = 20 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$, $C_1 = 200 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$

Найти: $C_2 = ?$

Решение:

$$C_{\text{общ}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

$$C_{\text{общ}} \cdot (C_1 + C_2) = C_1 \cdot C_2$$

$$C_{\text{общ}} \cdot C_1 + C_{\text{общ}} \cdot C_2 = C_1 \cdot C_2$$

$$C_1 \cdot C_2 - C_{\text{общ}} \cdot C_2 = C_{\text{общ}} \cdot C_1$$

$$C_2 \cdot (C_1 - C_{\text{общ}}) = C_{\text{общ}} \cdot C_1$$

$$C_2 = \frac{C_{\text{общ}} \cdot C_1}{C_1 - C_{\text{общ}}}$$

$$C_2 = \frac{100 \cdot 10^{-12} \text{ Ф} \cdot 200 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}}{200 \cdot 10^{-12} \text{ Ф} - 100 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}} = 200 \text{ Ф}$$

При последовательном соединении заряд на конденсаторах равный:

$$q_1 = q_2$$

Напряжения также получатся одинаковыми:

$$U_1 = U_2 = \frac{q_1}{C_1}$$

$$U_1 = \frac{20 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}}{200 \cdot 10^{-12}} = 100 \text{ В}$$

Ответ: $U_1 = U_2 = 100 \text{ В}$

Задача №4. Площадь пластин конденсатора равна $520 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. На каком расстоянии нужно разместить пластины в воздухе, чтобы емкость конденсатора была равна $50 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$?

Дано: $S=520 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, $C = 50 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$, $\epsilon_0=8.85 \cdot 10^{-12}$

Найти: $d=?$

Решение:

Емкость конденсатора без диэлектрика:

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot S}{d}$$

$$d = \frac{\epsilon_0 \cdot S}{C}$$

$$d = \frac{8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 520 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}{50 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}} = 0,0092 \text{ м}$$

Ответ: $d = 0,0092 \text{ м}$

Задача №5. Конденсатору емкостью $20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$ сообщили заряд $5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$. Какова энергия заряженного конденсатора?

Дано: $C=20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$, $q=5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$

Найти: $W=?$

Решение:

Энергию электрического поля, накопленную конденсатором, можно вычислить по формуле:

$$W = \frac{C \cdot U^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

$$W = \frac{(5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл})^2}{2 \cdot 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 0.625 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

Ответ: $W = 0.625 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$

Задачи для самостоятельного решения

1. Расстояние между пластинами плоского конденсатора с диэлектриком из бумаги, пропитанной парафином, равно 2 мм, а напряжение 200 В. Найти плотность энергии поля.
2. Найти емкость C уединенного металлического шара радиусом $R=1$ см.
3. Два металлических шара радиусами $R_1=2$ см и $R_2=6$ см соединены проводником, емкостью которого можно пренебречь. Шарам сообщен заряд $Q=1$ нКл. Найти поверхностную плотность σ зарядов на шарах.
4. Расстояние d между пластинами плоского конденсатора равно 1,33 м, площадь S пластин равна 20 см^2 . В пространстве между пластинами конденсатора находятся два слоя диэлектриков: слюды толщиной $d_1=0,7$ мм и эбонита толщиной $d_2=0,3$ мм. Определить емкость C конденсатора.
5. Два конденсатора емкостями $C_1=3$ мкФ и $C_2=6$ мкФ соединены между собой и присоединены к батарее с ЭДС $\xi=120$ В. Определить заряды Q_1 и Q_2 конденсаторов и разности потенциалов U_1 и U_2 между их обкладками, если конденсаторы соединены: 1) параллельно; 2) последовательно.

Практическая работа №23,24,25,26

Закон Ома для участка цепи. Закон Ома для полной цепи. Соединения проводников.

Цель: Повторить основные формулы, научиться применять полученные знания для решения задач, провести анализ полученных результатов.

Примеры решения задач

Задача №1. При подключении лампочки к батарейки элементов с ЭДС 4,5В вольтметр показал напряжение на лампочке 4В, а амперметр силу тока 0,25А. Каково внутреннее сопротивление батарейки?

Дано: $U=4$ В, $\varepsilon = 4,5$ В, $I = 0,25$ А

Найти: $r = ?$

Решение:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

$$R = \frac{U}{I}$$

$$R + r = \frac{\varepsilon}{I}$$

$$r = \frac{\varepsilon}{I} - R$$

$$r = \frac{\varepsilon}{I} - \frac{U}{I}$$

$$r = \frac{4,5\text{В}}{0,25\text{ А}} - \frac{4\text{ В}}{0,25\text{ А}} = 2\text{ Ом}$$

Ответ: $R_1=2\text{ Ом}$.

Задача №2. При прохождении 20 Кл электричества по проводнику сопротивлением 0,5 Ом совершается работа 100 Дж. Найдите время существования тока в проводнике.

Дано: $q=20\text{ Кл}$, $A=100\text{ Дж}$

Найти: $t=?$

Решение:

$$A = I^2 \cdot R \cdot t$$

$$I = \frac{q}{t}$$

$$A = \frac{q^2}{t} \cdot R$$

$$t = \frac{q^2 \cdot R}{A}$$

$$t = \frac{(20\text{ Кл})^2 \cdot 0,5\text{ Ом}}{100\text{ Дж}} = 2\text{ с}$$

Ответ: $t=2\text{ с}$

Задача №3. Аккумулятор с ЭДС 6 В и внутренним сопротивлением 0,1 Ом питает внешнюю цепь с сопротивлением 12,4 Ом. Какое количество теплоты Q выделится во всей цепи за время $t = 600\text{ с}$?

Дано: $\varepsilon = 6\text{ В}$, $r = 0,1\text{ Ом}$, $R = 12,4\text{ Ом}$, $t=600\text{ с}$

Найти: $Q=?$

Решение:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

$Q_1 = I^2 \cdot R \cdot t$ – количество теплоты, выделившейся на внешнем участке цепи

$Q_2 = I^2 \cdot r \cdot t$ – количество теплоты, выделившейся на внутреннем участке цепи

$$Q = Q_1 + Q_2 = I^2 \cdot (R + r) \cdot t = \frac{\varepsilon^2 \cdot t}{R + r}$$

$$Q = \frac{(6\text{В})^2 \cdot 600\text{ с}}{12,4\text{ Ом} + 0,1\text{ Ом}} = 1728\text{ Дж}$$

Ответ: $Q=1728\text{ Дж}$

Задача №4. Определите параметры источника тока, если известно, что максимальная мощность, равная 40 Вт, выделяется при подключении резистора сопротивлением 10 Ом.

Дано: $P_{max} = 40$ Вт, $R = 10$ Ом

Найти: $\varepsilon = ?$

Решение:

Максимальная мощность выделяется при равенстве внешнего и внутреннего сопротивлений, следовательно, $R = r = 10$ Ом.

$$P = I^2 \cdot R$$

$$P_{max} = \frac{\varepsilon^2}{(R + r)^2} \cdot R = \frac{\varepsilon^2}{4R}$$

$$\varepsilon = 2\sqrt{R \cdot P_{max}}$$

$$\varepsilon = 2 \cdot \sqrt{10 \text{ Ом} \cdot 40 \text{ Вт}} = 40 \text{ В}$$

Ответ: $\varepsilon = 40$ В

Задачи для самостоятельного решения

1. За некоторый промежуток времени электрическая плитка, включённая в сеть с постоянным напряжением, выделила количество теплоты Q . Какое количество теплоты выделяют за то же время две такие плитки, включённые в ту же сеть последовательно? параллельно? Изменение сопротивления спирали в зависимости от температуры не учитывать.
2. Чему равно напряжение на клеммах гальванического элемента с ЭДС, равной E , если цепь разомкнута?
3. Чему равна сила тока при коротком замыкании аккумулятора с ЭДС $E = 12$ В и внутренним сопротивлением $r = 0,01$ Ом?
4. Батарейка для карманного фонаря замкнута на резистор переменного сопротивления. При сопротивлении резистора, равном 1,65 Ом, напряжение на нём равно 3,30 В, а при сопротивлении, равном 3,50 Ом, напряжение равно 3,50 В. Определите ЭДС и внутреннее сопротивление батарейки.

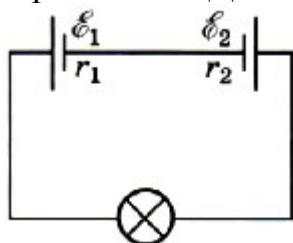


Рис.18

5. Источники тока с ЭДС 4,50 В и 1,50 В и внутренними сопротивлениями 1,50 Ом и 0,50 Ом, соединённые, как показано на рисунке (15.13), питают лампу от карманного фонаря. Какую мощность потребляет лампа, если известно, что сопротивление её нити в нагретом состоянии равно 23 Ом?
6. Замкнутая цепь питается от источника с ЭДС $E = 6$ В и внутренним сопротивлением 0,1 Ом. Постройте графики зависимости силы тока в цепи,

напряжения на зажимах источника и мощности от сопротивления внешнего участка.

7. Два элемента, имеющие одинаковые ЭДС по 4,1 В и одинаковые внутренние сопротивления по 4 Ом, соединены одноимёнными полюсами, от которых сделаны выводы, так что получилась батарейка. Какую ЭДС и какое внутреннее сопротивление должен иметь элемент, которым можно было бы заменить такую батарейку?

Практическая работа №27,28

Электрический ток в различных средах

Цель: повторить основные формулы, научиться применять полученные знания для решения задач, провести анализ полученных результатов.

Примеры решения задач

Задача №1. Почему каждый провод высоковольтной линии электропередач (ЛЭП) изготавливают тройным?

Ответ: чтобы не было условий для возникновения коронного разряда.

Задача №2. В процессе электролиза под действием тока плотностью $300 \frac{\text{А}}{\text{м}^2}$ на электроде выделился слой меди толщиной $0,03 \cdot 10^{-3}$ м. В течении какого времени протекал этот электролиз?

Дано:

Эта задача прежде всего на первый закон Фарадея. Его и запишем:

$$\Delta m = k \cdot I \cdot t$$

Отсюда выразим время, необходимое для такого электролиза:

$$t = \frac{\Delta m}{k \cdot I}$$

Данное выражение не содержит величин из условия задачи, поэтому мы, конечно же, не можем его пока что использовать. Распишем неизвестные величины через известные. Начнем с массы:

$$\Delta m = \rho \cdot V$$

Плотность меди – табличная величина, которая равна $9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Объем же слоя меди можно выразить через его толщину и площадь:

$$\Delta m = \rho \cdot S \cdot d$$

Силу тока также свяжем с его плотностью. Плотность тока определяется как:

$$j = \frac{I}{S}$$

Отсюда:

$$I = j \cdot S$$

Подставим все выражения в первый закон Фарадея:

$$t = \frac{\rho \cdot S \cdot d}{k \cdot j \cdot S}$$

Как мы видим, данное выражение не зависит от площади пластины:

$$t = \frac{\rho \cdot d}{k \cdot j}$$

Электрохимический эквивалент также является табличной величиной, и для меди он равен $0,3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$.

Подставим численные значения:

$$t = \frac{9 \cdot 10^3 \cdot 0,03 \cdot 10^{-3}}{0,3 \cdot 10^{-6} \cdot 300} = 3 \cdot 10^3 \text{ с} = 50 \text{ мин}$$

Задачи для самостоятельного решения

1. Определите массу серебра, которое выделилось на катоде при электролизе азотнокислого серебра за 2 часа, если к раствору приложено напряжение 2 В, а его сопротивление – 5 Ом.
2. Электролиз проходил в течение 5 минут при силе тока 1,5 А. При этом на катоде выделилось 137 мг некоторого вещества. Что это за вещество?
3. Электролизом получено 120 мг меди. Сколько серебра можно получить, если через соответствующий электролит пройдет то же количество электричества?
4. Провода осветительной сети помещены в надежную изоляцию. Провода линии высокого напряжения — голые, т.е. без изоляции. Почему?

Практическая работа №29,30

Магнитное поле. Сила Ампера. Сила Лоренца.

Цель: Обобщить знания о магнитном поле, совершенствовать умения объяснять магнитные явления.

Примеры решения задач

Задача №1. По четырем длинным прямым параллельным проводникам, проходящим через вершины квадрата, со стороной 30 см, перпендикулярно его плоскости, проходят одинаковые токи по 10А, причем по трем проводникам проходят токи в одном направлении, а по четвертому — в противоположном. Определите индукцию магнитного поля в центре квадрата.

Дано: $a=0,3 \text{ м}$, $I=10 \text{ А}$

Найти: $B=?$

Решение:

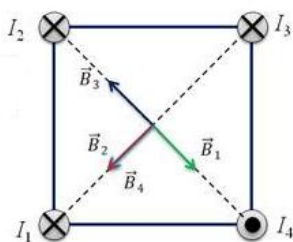


Рис. 19

Воспользуемся принципом суперпозиции полей:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \vec{B}_4$$

Радиус линий магнитной индукции:

$$R = \frac{a \cdot \sqrt{2}}{2}$$

Т. К. векторы направлены вдоль одной прямой в противоположные стороны:

$$\vec{B}_1 + \vec{B}_3 = 0$$

\vec{B}_2 и \vec{B}_4 - сонаправлены.

$$B = B_2 + B_4 = 2B_2 = 2 \cdot \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot R} = \frac{2 \cdot \mu_0 \cdot I}{\pi \cdot a \cdot \sqrt{2}}$$

$$B = \frac{2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10}{\pi \cdot 0.3 \cdot \sqrt{2}} = 1.9 \cdot 10^{-5} \text{Тл} = 19 \text{мкТл}$$

Ответ: $B=19 \text{мкТл}$

Задача №2. Соленоид длиной 40 см и диаметром 4 см, содержит 2000 витков проволоки сопротивлением 150 Ом. Определите индукцию магнитного поля внутри катушки, если к ней подведено напряжение 6 В.

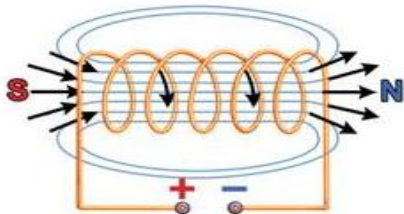


Рис. 20

Дано: $l=0.4 \text{м}$, $d=0.04 \text{ м}$, $N=2 \cdot 10^3$, $R=150 \text{Ом}$, $U=6 \text{ В}$

Найти: $B=?$

Решение:

Внутри соленоида магнитное поле однородно:

$$B = \mu_0 \cdot I \cdot n = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot N}{l}, \text{ где } n = \frac{N}{l} \text{ — число витков на единицу длины}$$

По закону Ома для участка цепи:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$B = \frac{\mu_0 \cdot U \cdot N}{l \cdot R} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 6 \text{В} \cdot 2 \cdot 10^3}{0.4 \cdot 150 \text{ Ом}} = 2,5 \text{мТл}$$

Ответ: $B=2,5 \text{мТл}$

Задача №3. Определите силу взаимодействия, приходящуюся на единицу длины проводов воздушной линии электропередач, если сила тока в линии составляет 500 А, а расстояние между проводами 50 см.

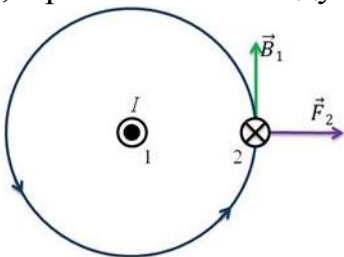


Рис. 21

Дано: $l=1$ м, $I=500$ А, $d=0.5$ м

Найти: $F_2 = ?$

Решение:

По закону Ампера:

$$F_2 = I \cdot B_1 \cdot l \cdot \sin 90^\circ$$

Для магнитного поля прямого тока:

$$B_1 = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot d}$$

$$F_2 = \mu_0 \frac{I^2 \cdot l}{2\pi \cdot d}$$

$$F_2 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{500^2 \cdot 1}{2\pi \cdot 0.5} = 0.1 \text{ Н}$$

Ответ: $F_2 = 0,1$ Н

Задача №4. Электрон влетает в однородное магнитное поле с индукцией 10^{-4} Тл перпендикулярно линиям магнитной индукции. Его скорость $1,6 \cdot 10^6$ м/с. Определить радиус окружности, по которой движется электрон.

Дано: $B = 10^{-4}$ Тл, $v = 1,6 \cdot 10^6$ м/с, $q = e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $\alpha = 90^\circ$

Найти: $R = ?$

Решение:

Сила Лоренца действует под прямым углом к скорости движения электрона, не изменяя модуля его скорости. В этих условиях она сообщает электрону лишь центростремительное ускорение. Поэтому можно записать, что

$$qvB = \frac{mv^2}{R}$$

$$R = \frac{mv}{qB}$$

$$R = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 1,6 \cdot 10^6 \text{ м/с}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 10^{-4} \text{ Тл}} = 9,1 \cdot 10^2 \text{ м}$$

Ответ: $R = 9,1 \cdot 10^2$ м

3) Электрон влетает в однородное магнитное поле с индукцией 5 мТл со скоростью 10 Мм/с под углом 30° к вектору индукции. Определить шаг спирали, по которой будет двигаться электрон.

4) Электрон влетает со скоростью v_0 под углом $\alpha < 90^\circ$ к параллельно направленным однородным электрическому и магнитному полям. Напряженность электрического поля E , индукция магнитного поля B . Сколько оборотов сделает электрон до смены направления движения вдоль полей?

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. . Однородное магнитное поле имеет индукцию 0,5 Тл. Вычислите поток магнитной индукции, проходящий через поверхность площадью, которой 25 см². Линии магнитной индукции перпендикулярны этой поверхности. Затем поверхность повернули на 60° . Чему будет равен поток индукции?

Задача2. С какой силой МП с индукцией 10 мТл действует на проводник с током 50 А, если длина активной части проводника 0,1 м? Ток и МП взаимно перпендикулярны.

Задача3. На проводник длиной 50 см с током 2 А действует МП с индукцией 0.1 Тл с силой 0,05 Н. Вычислите угол между направлением тока и вектором магнитной индукции.

Задача4. В направлении, перпендикулярном линиям индукции в магнитное поле влетает электрон со скоростью 10 Мм/с, окружность какого радиуса описал электрон, если индукция поля 10мТл?

Задача5. Протон влетает в однородное магнитное поле со скоростью 1000 м/с под углом 60^0 к линиям магнитной индукции. Определите радиус и шаг винтовой линии, по которой будет двигаться протон, если магнитная индукция поля равна 10 мТл.

Задача6. По чертежам определить, к какому типу относится задача.

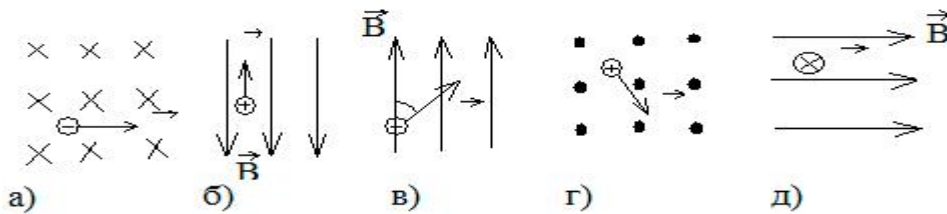


Рис. 22

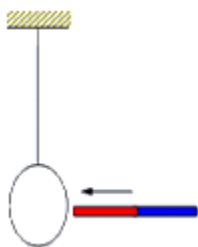
Практическая работа №31

Электромагнитная индукция

Цель: рассмотреть явление электромагнитной индукции; показать на нескольких примерах методы решения задач на использование законов электромагнитной индукции.

Контрольные вопросы

1. В кольцо из диэлектрика вдвигают магнит. Что при этом происходит с кольцом?
2. В вертикальной плоскости подвешено на нити медное кольцо. Сквозь него в горизонтальном направлении вдвигается один раз стержень, а другой раз магнит. Повлияет ли движение стержня и магнита на положение кольца?



3. После удара молнии иногда обнаруживается повреждение чувствительных электроизмерительных приборов, а также перегорание плавких предохранителей в осветительной сети. Почему?

4. Почему при включении электромагнита в электрическую цепь полная сила тока устанавливается не сразу?

5. Почему отключение от сети мощных электродвигателей производят плавно и медленно при помощи реостатов?

6. Одинаковое ли время потратит магнит на падение внутри узкой медной трубы и рядом с ней? В обоих случаях магнит не касается трубы.

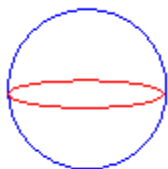
Ответ: в трубе магнит будет падать дольше.

7. Вертикальный проводник перемещают в магнитном поле Земли с запада на восток. Будет ли в нем возбуждаться электродвижущая сила индукции?

Ответ: будет.

8. Изолированное сверхпроводящее кольцо, по которому течет ток, изгибается в две окружности в виде восьмерки и затем складывается вдвое. Как меняется ток в кольце?

9. Два круговых проводника расположены перпендикулярно друг другу, как показано на рисунке. Будет ли возникать индукционный ток в горизонтальном проводнике при изменении тока в вертикальном проводнике?



Ответ: не будет.

10. Как будут зависеть от времени показания гальванометра, включенного в цепь расположенного горизонтально кругового контура, если вдоль оси этого контура будет падать заряженный шарик?

Примеры решения задач

Задача №1. Как будут меняться показания амперметра, если соленоид быстро распрямить, потянув его за концы проволоки?

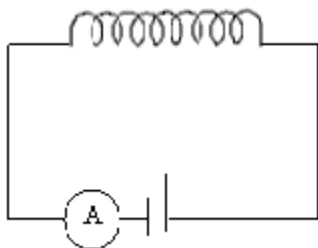


Рис.

Решение:

При распрямлении соленоида сцепленный с ним магнитный поток будет уменьшаться, а значит, в цепи возникнет электродвижущая сила индукции, которая, согласно правилу Ленца, будет препятствовать уменьшению магнитного потока.

Следовательно, в цепи появится индукционный ток, направленный так же, как ток, создаваемый источником электродвижущей силы, включенным в цепь. Поэтому сила тока в цепи сначала будет возрастать, а спустя некоторое время станет равной первоначальному значению.

Задачи для самостоятельного решения

1. Объясните, будет ли регистрировать ток гальванометр, соединенный с катушкой индуктивности, если катушку начнут приближать к покоящемуся постоянному магниту?
2. Рассчитайте время, за которое произошло увеличение силы тока с 0,5А до 1А в катушке индуктивностью 200мГн, если при этом возникает ЭДС самоиндукции 0,2В.
3. Объясните, будет ли регистрировать ток гальванометр, соединенный с катушкой 1, индуктивно связанной с катушкой 2, по которой протекает постоянный электрический ток, если катушку 1 будут перемещать относительно катушки 2 (вверх - вниз)?
4. На какую величину изменится сила тока в катушке с индуктивностью 150мГн за 2с, если при этом возникает ЭДС самоиндукции 50В.
5. Цепь, содержащую источник тока, катушку индуктивности и ключ, размыкают. При этом ток, текущий через катушку убывает от 12А до 0А за 1с. Нарисуйте, как примерно выглядит график зависимости силы тока от времени; рассчитайте какая энергия будет выделяться при этом, если индуктивность катушки 50мГн .

Практическая работа №32

Электромагнитные колебания

Цель: повторить основные формулы, научиться применять полученные знания для решения задач, провести анализ полученных результатов.

Контрольные вопросы

1. Какие колебания называются электромагнитными?
2. Что называется колебательным контуром? Идеальным
3. Какие колебания называются свободными?
4. Какие колебания называются гармоническими?
5. Что такое собственная циклическая частота колебательной системы?
6. Что называется периодом колебаний?
7. Что называется амплитудой колебаний?
8. Что такое фаза колебаний
9. По какой формуле рассчитать энергию электрического поля?
10. По какой формуле рассчитать энергию магнитного поля?

11. Чему равна полная энергия?

Примеры решения задач

Задача №1. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью $C=8$ пФ и катушку индуктивностью $L=0,5$ мГн. Максимальная сила тока в катушке $I_m=40$ мА. Определите максимальное напряжение на обкладках конденсатора.

Дано: $C = 8 \cdot 10^{-12} \text{Ф}$, $L = 0,5 \cdot 10^{-3}$, $I_m = 40 \cdot 10^{-3} \text{А}$

Найти: $U_m = ?$

Решение:

$$W = \frac{L \cdot I_m^2}{2}$$

$$W = \frac{C \cdot U_m^2}{2}$$

$$W_э = W_м$$

$$U_m^2 = \frac{L \cdot I_m^2}{C}$$

$$U_m = \sqrt{\frac{L \cdot I_m^2}{C}} = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-3} \text{А} \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \text{Гн}^2}{8 \cdot 10^{-12} \text{Ф}}} = 317 \text{В}$$

Ответ: $U_m=317\text{В}$

Задача №2. Колебательный контур имеет индуктивность $L=1,6$ мГн и емкость $C=0,04$ мкФ, максимальное напряжение на конденсаторе $U_m=200$ В. Определите максимальную силу тока в контуре, считая его идеальным.

Дано: $C=0,04 \cdot 10^{-6} \text{Ф}$, $L=1,6 \cdot 10^{-3} \text{Гн}$, $U_m=200 \text{В}$

Найти: $I_m = ?$

Решение:

$$W = \frac{L \cdot I_m^2}{2} + \frac{C \cdot U_m^2}{2}$$

$$\frac{L \cdot I_m^2}{2} = \frac{C \cdot U_m^2}{2}$$

$$I_m^2 = \frac{C \cdot U_m^2}{L}$$

$$I_m = \sqrt{\frac{C \cdot U_m^2}{L}}$$

Ответ: $I_m=1\text{A}$

Задача№3. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $C=4,9\text{мкФ}$ и катушки индуктивностью $L=1\text{ Гн}$. Амплитуда колебаний заряда на обкладках конденсатора $0,5\text{ мкКл}$. Напишите уравнение колебаний заряда.

Дано: $C=4,9 \cdot 10^{-6}\text{Ф}$, $L=1\text{ Гн}$, $q_m=0,5 \cdot 10^{-6}\text{ Кл}$

Найти: $q(t)$ - ?

Решение:

$$q(t)=q_m \cos \omega t$$

$$T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{4,9 \cdot 10^{-6}\text{Ф} \cdot 1\text{Гн}}} = 451$$

$$q(t)= 0,5 \cdot 10^{-6} \cos (451)t$$

Ответ: $q(t)= 0,5 \cdot 10^{-6} \cos (451)t$

Задачи для самостоятельного решения

Задача№1. Определите период собственных колебаний колебательного контура, состоящего из катушки индуктивностью $L=0,1\text{ Гн}$ и конденсатора емкостью $C=2\text{ мкФ}$.

Задача№2. Частота свободных колебаний колебательного контура, содержащего катушку индуктивностью $L=0,04\text{ Гн}$, равна $\nu=800\text{ Гц}$. Какова емкость конденсатора этого контура?

Задача №3. Сила тока в цепи переменного тока меняется со временем по закону $i = 20 \cos 100\pi t$. Определить характеристики колебательной системы и построить график данного колебательного процесса.

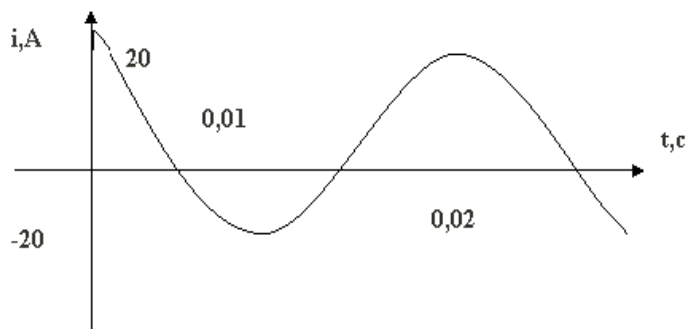


Рис. 23

Практическая работа №33

Переменный электрический ток

Цель: повторить основные формулы, научиться применять полученные знания для решения задач, провести анализ полученных результатов.

Примеры решения задач

Задача №1. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью 800 пФ и катушку индуктивности индуктивностью 2 мкГн. Каков период собственных колебаний контура?

Дано: $C = 800 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$, $L = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$

Найти: $T = ?$

Решение:

$$T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$$

$$T = 2 \cdot 3.14 \cdot \sqrt{2 \cdot 10^{-6} \text{ Гн} \cdot 800 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}} = 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ с}$$

Ответ: $T = 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ с}$

Задача №2. Найти период переменного тока, для которого конденсатор ёмкостью 2 мкФ представляет сопротивление 20 Ом.

Дано: $C = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$, $X_c = 20 \text{ Ом}$

Найти: $T = ?$

Решение:

$$X_c = \frac{1}{C \cdot \omega}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$X_c = \frac{T}{C \cdot 2\pi}$$

$$T = 2\pi \cdot C \cdot X_c$$

$$T = 2 \cdot 3.14 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{Ф} \cdot 20 \text{ Ом} = 2.5 \cdot 10^{-2} \text{ с}$$

Ответ: $T = 2.5 \cdot 10^{-2} \text{ с}$

Задача №3. В подводящих ветвях текут: а) постоянный; б) переменный ток (см. рис. 24). Какой ток будет в ветвях в случае а? В случае б)?

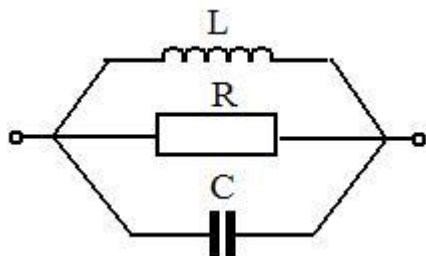


Рис. 24

Решение:

В случае постоянного тока ток будет течь в ветви, где есть катушка индуктивности и резистор. Ток в ветви конденсатора не будет.

В случае б) ток будет во всех ветвях.

Задачи для самостоятельного решения

Задача №1. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью C и катушки индуктивности индуктивностью L . Как изменится период свободных электромагнитных колебаний в этом контуре, если емкость конденсатора и индуктивность катушки увеличить в 3 р.

Задача №2. Амплитуда силы тока при свободных колебаниях в колебательном контуре 100 мА . Какова амплитуда напряжения на конденсаторе колебательного контура, если емкость этого конденсатора 1 мкФ , а индуктивность катушки 1 Гн ? Активным сопротивлением пренебречь.

Задача №3. В сеть переменного тока с действующим напряжением 220 В включено активное сопротивление 55 Ом . Определить действующее и амплитудное значение силы тока

Практическая работа №34

Электромагнитные волны

Цель: обобщить и систематизировать знания об электромагнитном поле, электромагнитных волнах и их свойствах; научиться применять полученные знания к решению задач

Контрольные вопросы

1. Почему на коротких волнах связь можно осуществить на более дальнее расстояние, чем на средних и длинных?
2. Какая модуляция применяется в радиосвязи?
3. Почему передающая и приёмная антенна располагаются в одной плоскости?
4. Важной частью открытого колебательного контура, в который входит антенна, является заземление. Почему же возникшие в антенне токи не уходят в землю?
5. Часто говорят, что генератор высокой частоты в радиопередатчике вырабатывает «несущую» частоту. Почему?

Примеры решения задач

Задача №1. Колебательный контур состоит из катушки индуктивности $L = 1 \cdot 10^{-6}$ Гн и конденсатора, электроёмкость которого может изменяться в пределах от 10^{-8} Ф до $4 \cdot 10^{-8}$ Ф. На какой диапазон длин волн может быть настроен этот контур?

Дано: $L = 1 \cdot 10^{-6}$ Гн, $C_1 = 10^{-8}$ Ф, $C_2 = 4 \cdot 10^{-8}$ Ф

Найти: $\lambda_1 = ?$, $\lambda_2 = ?$

Решение:

$$\lambda_1 = \frac{c}{\nu_1}$$

$$\lambda_2 = \frac{c}{\nu_2}$$

$$\lambda_1 = c \cdot 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C_1}$$

$$\lambda_2 = c \cdot 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C_2}$$

$$\lambda_1 = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{1 \cdot 10^{-6} \text{ Гн} \cdot 10^{-8} \text{ Ф}} = 188,4 \text{ м}$$

$$\lambda_2 = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}} \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{1 \cdot 10^{-6} \text{Гн} \cdot 4 \cdot 10^{-8} \text{Ф}} = 376,8 \text{ м}$$

Ответ: $\lambda_1 = 188,4 \text{ м}$, $\lambda_2 = 376,8 \text{ м}$

Задача №2. Уравнение напряжённости электрического поля бегущей гармонической волны имеет вид $E = 100 \sin(10\pi t)$. Найдите амплитуду, частоту, период волны.

Дано: $E = 100 \sin(10\pi t)$, $E_{\text{max}} = 100 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, $\omega = 10\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$

Найти: $\nu = ?$, $T = ?$

Решение:

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$T = \frac{1}{\nu}$$

$$\nu = \frac{10\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}}{2\pi} = 5 \text{ Гц}$$

$$T = \frac{1}{5 \text{ Гц}} = 0,2 \text{ с}$$

Ответ: $\nu = 5 \text{ Гц}$, $T = 0,2 \text{ с}$

Задача №3. Радиостанция работает на частоте $\nu = 100 \cdot 10^6 \text{ Гц}$. Считая, что скорость распространения электромагнитных волн в атмосфере равна скорости света в вакууме, найдите соответствующую длину волны.

Дано: $\nu = 100 \cdot 10^6 \text{ Гц}$, $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}$

Найти: $\lambda = ?$

Решение:

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}}{100 \cdot 10^6 \text{ Гц}} = 3 \text{ м}$$

Ответ: $\lambda = 3$ м

Задачи для самостоятельного решения

1. Частоту электромагнитной волны увеличили в 4 раза. Как при этом изменилась длина волны?
2. На какой частоте работает радиостанция, передавая программу на волне 250 м?
3. На какой частоте суда передают сигнал бедствия (СОС) если по международному соглашению длина радиоволны этого сигнала должна быть равной 600 м
4. Чему равна длина волн, посылаемых радиостанцией, работающей на частоте 1400 кГц?
5. Чему равен период колебаний в ЭМВ, распространяющейся в воздухе с длиной волны 3 м?

Практическая работа №35

Линзы. Построение изображений в тонкой линзе. Формула линзы.

Цель: рассмотреть примеры решения задач на применение формулы тонкой линзы, свойства основных лучей и правила построения изображений в тонкой линзе, в системе двух линз.

Контрольные вопросы:

1. С помощью собирающей линзы на экране получено действительное изображение предмета с увеличением Γ_1 . Не изменяя положение линзы, поменяли местами предмет и экран. Каким окажется увеличение Γ_2 в этом случае?
2. Как надо расположить две собирающие линзы с фокусными расстояниями F_1 и F_2 , чтобы параллельный пучок света, пройдя через них, остался параллельным?
3. Объясните, почему для того, чтобы получить четкое изображение предмета, близорукий обычно щурит глаза?
4. Как изменится фокусное расстояние линзы, если ее температура повысится?
5. На рецепте врача написано: +1,5 Д. Расшифруйте, какие это очки и для каких глаз?

Примеры решения задач

Задача №1. Заданы главная оптическая ось линзы NN , положение источника S и его изображения S' . Найдите построением положение оптического центра линзы C и ее фокусов для трех случаев (рис. 1).

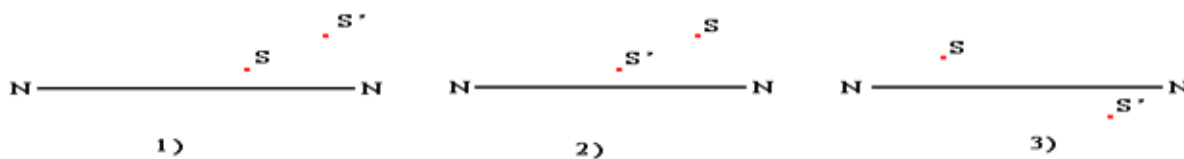


Рис.25

Решение:

Для нахождения положения оптического центра C линзы и ее фокусов F используем основные свойства линзы и лучей, проходящих через оптический центр, фокусы линзы или параллельно главной оптической оси линзы.

Случай 1. Предмет S и его изображение расположены по одну сторону от главной оптической оси NN (рис. 2).

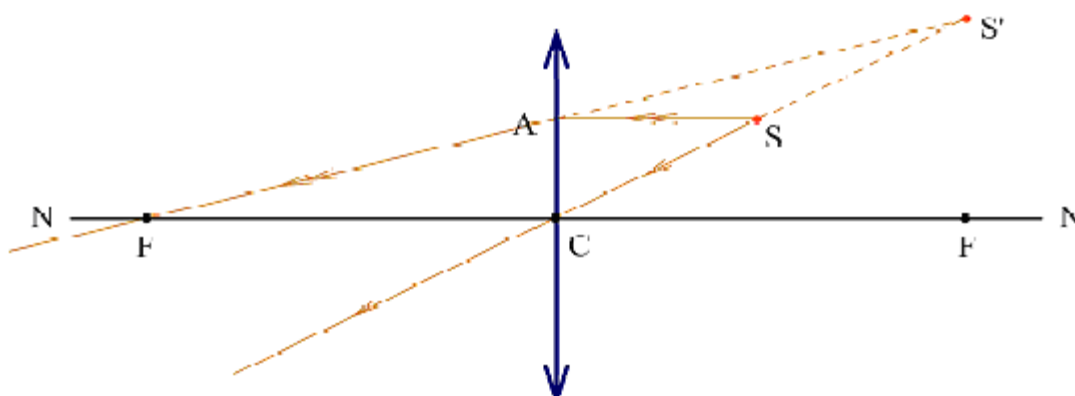


Рис.26

Проведем через S и S' прямую (побочную ось) до пересечения с главной оптической осью NN в точке C . Точка C определяет положение оптического центра линзы, расположенной перпендикулярно оси NN . Лучи, идущие через оптический центр C , не преломляются. Луч SA , параллельный NN , преломляется и идет через фокус F и изображение S' , причем через S' идет продолжение луча SA . Это значит, что изображение S' в линзе является мнимым. Предмет S расположен между оптическим центром и фокусом линзы. Линза является собирающей.

Случай 2. Проведем через S и S' побочную ось до пересечения с главной оптической осью NN в точке C - оптическом центре линзы (рис. 3).

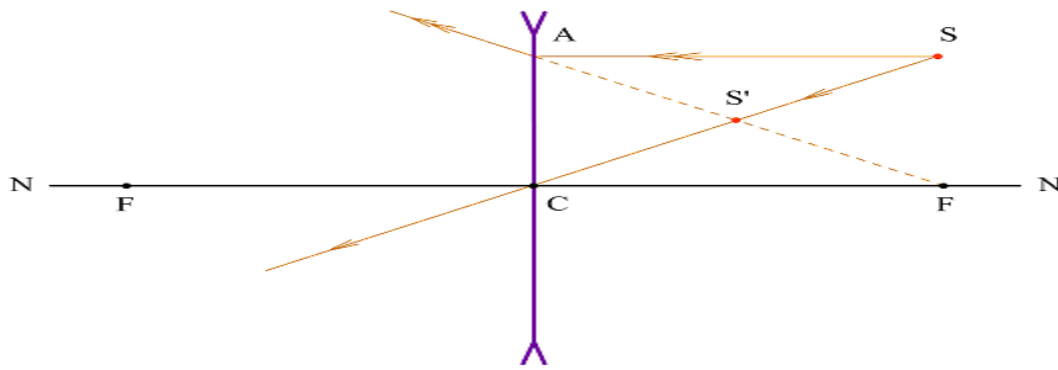


Рис. 27

Луч SA , параллельный NN , преломляясь, идет через фокус F и изображение S' , причем через S' идет продолжение луча SA . Это значит, что изображение мнимое, а линза, как видно из построения, рассеивающая.

Случай 3. Предмет S и его изображение лежат по разные стороны от главной оптической оси NN (рис. 4).

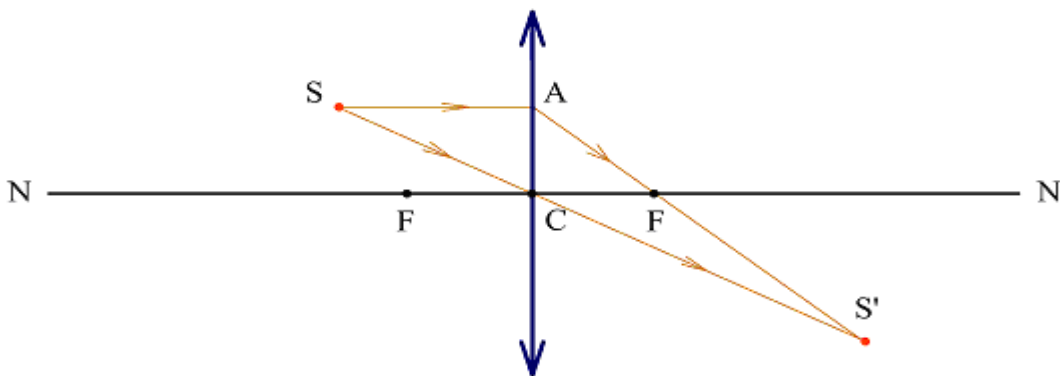


Рис.28

Соединив S и S' , находим положение оптического центра линзы и положение линзы. Луч SA , параллельный NN , преломляется и через фокус F идет в точку S' . Луч через оптический центр идет без преломления.

Задача №2. На рис. 5 изображен луч AB , прошедший сквозь рассеивающую линзу. Постройте ход луча падающего, если положение фокусов линзы известно.

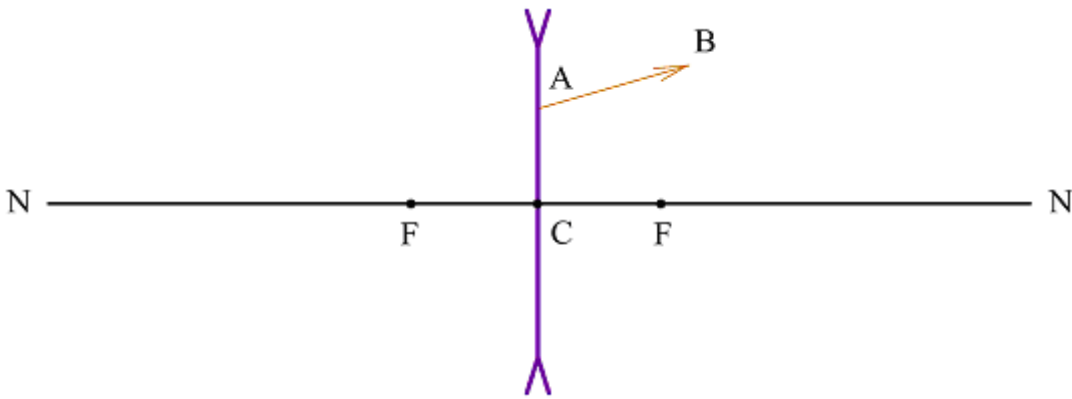


Рис. 29

Решение:

Продолжим луч AB до пересечения с фокальной плоскостью PP в точке F' и проведем побочную ось OO через F' и C (рис. 6).

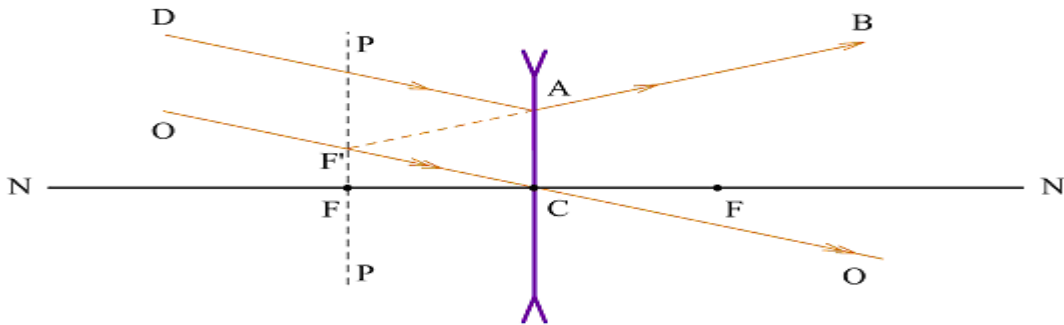


Рис.30

Луч, идущий вдоль побочной оси OO , пройдет, не меняя своего направления, луч DA , параллельный OO , преломляется по направлению AB так, что его продолжение идет через точку F' .

Задача №3. На собирающую линзу с фокусным расстоянием $F_1 = 40$ см падает параллельный пучок лучей. Где следует поместить рассеивающую линзу с фокусным расстоянием $F_2 = 15$ см, чтобы пучок лучей после прохождения двух линз остался параллельным?

Решение: По условию пучок падающих лучей EA параллелен главной оптической оси NN , после преломления в линзах он должен таковым и остаться. Это возможно, если рассеивающая линза расположена так, чтобы задние фокусы линз F_1 и F_2 совпали. Тогда продолжение луча AB (рис. 7), падающего на рассеивающую линзу, проходит через ее фокус F_2 , и по правилу построения в рассеивающей линзе преломленный луч BD будет параллелен главной оптической оси NN , следовательно, параллелен лучу EA . Из рис. 7 видно, что рассеивающую линзу следует поместить на расстоянии $d = F_1 - F_2 = (40 - 15) \text{ см} = 25$ см от собирающей линзы.

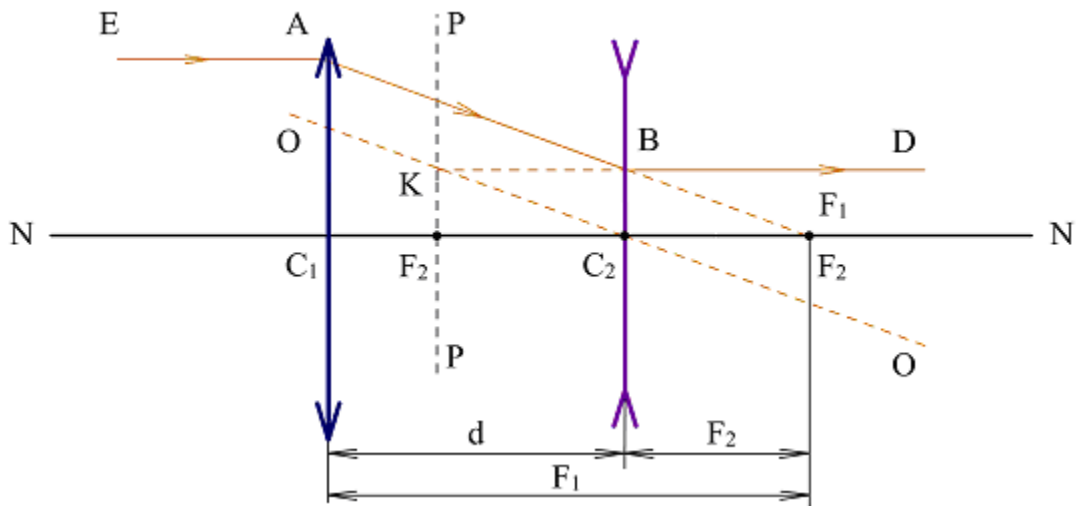


Рис.31

Ответ: на расстоянии 25 см от собирающей линзы.

Задача 4. Высота пламени свечи 5 см. Линза дает на экране изображение этого пламени высотой 15 см. Не трогая линзы, свечу отодвинули на $l = 1,5$ см дальше от линзы и, придвинув экран, вновь получили резкое изображение пламени высотой 10 см. Определите главное фокусное расстояние F линзы и оптическую силу линзы в диоптриях.

Решение: Применим формулу тонкой линзы $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$, где d - расстояние от предмета до линзы, f - расстояние от линзы до изображения, для двух положений предмета:

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}, \quad (1)$$

$$\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{d_1 + l} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F}. \quad (2)$$

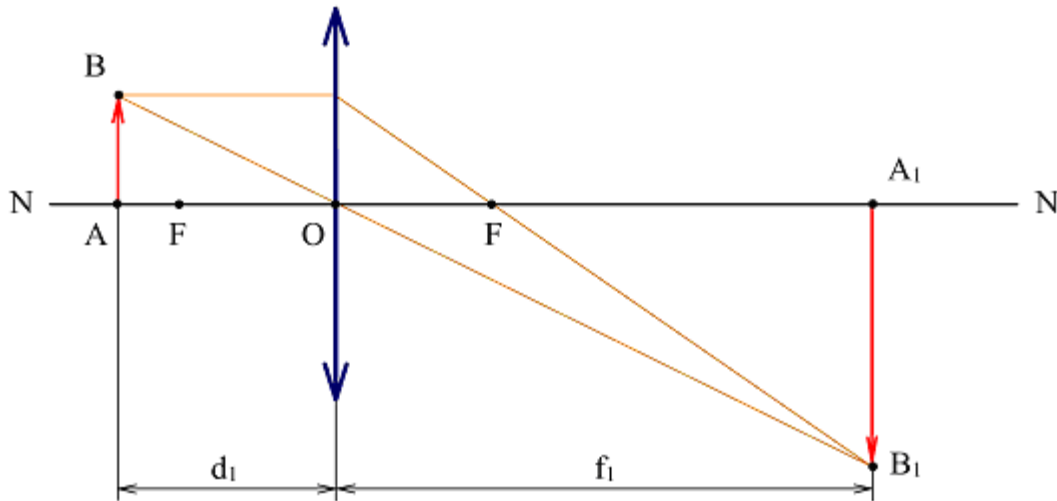


Рис.32

Из подобных треугольников AOB и A_1OB_1 (рис. 8) поперечное увеличение линзы

будет равно $\Gamma_1 = \frac{A_1B_1}{AB} = \frac{f_1}{d_1}$, откуда $f_1 = \Gamma_1 d_1$.

Аналогично для второго положения предмета после передвижения его

на l : $\Gamma_2 = \frac{f_2}{d_1 + l}$, откуда $f_2 = (d_1 + l)\Gamma_2$.

Подставляя f_1 и f_2 в (1) и (2), получим:

$$\begin{cases} \frac{1}{d_1} + \frac{1}{\Gamma_1 d_1} = \frac{1}{F}, \\ \frac{1}{d_1 + l} + \frac{1}{(d_1 + l)\Gamma_2} = \frac{1}{F} \end{cases} \quad (3)$$

Из системы уравнений (3), исключив d_1 , находим

$$F = \frac{l\Gamma_1\Gamma_2}{\Gamma_1 - \Gamma_2} = 9 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Оптическая сила линзы

$$D = \frac{1}{F} = 11 \text{ дптр.}$$

Ответ: $F = \frac{l\Gamma_1\Gamma_2}{\Gamma_1 - \Gamma_2} = 9 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, $D = \frac{1}{F} = 11 \text{ дптр.}$

Задача 5. Двояковыпуклая линза, сделанная из стекла с показателем преломления $n = 1,6$, имеет фокусное расстояние $F_0 = 10$ см в воздухе ($n_0 = 1$). Чему будет равно фокусное расстояние F_1 этой линзы, если ее поместить в прозрачную среду с показателем преломления $n_1 = 1,5$? Определите фокусное расстояние F_2 этой линзы в среде с показателем преломления $n_2 = 1,7$.

Решение:

Оптическая сила тонкой линзы определяется формулой

$$D = \frac{l}{F} = \left(\frac{n_l}{n_{cp}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

где n_l - показатель преломления линзы, n_{cp} - показатель преломления среды, F - фокусное расстояние линзы, R_1 и R_2 - радиусы кривизны ее поверхностей.

Если линза находится в воздухе, то

$$\frac{1}{F_0} = \left(\frac{n}{n_0} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \quad (4)$$

в среде с показателем преломления n_1 :

$$\frac{1}{F_1} = \left(\frac{n}{n_1} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \quad (5)$$

в среде с показателем преломления n :

$$\frac{1}{F_2} = \left(\frac{n}{n_2} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right). \quad (6)$$

Для определения F_1 и F_2 выразим $\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$ из (4):

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{n_0}{F_0 (n - n_0)}.$$

Подставим полученное значение в (5) и (6). Тогда получим

$$F_1 = \frac{F_0 (n - n_0) n_1}{(n - n_1) n_0} = 90 \quad \text{см},$$

$$F_2 = \frac{F_0 (n - n_0) n_2}{(n - n_2) n_0} = -102 \quad \text{см}.$$

Знак "-" означает, что в среде с показателем преломления большим, чем у линзы (в оптически более плотной среде) собирающая линза становится рассеивающей.

Ответ: $F_1 = \frac{F_0 (n - n_0) n_1}{(n - n_1) n_0} = 90 \quad \text{см}, \quad F_2 = \frac{F_0 (n - n_0) n_2}{(n - n_2) n_0} = -102 \quad \text{см}.$

Задача 6. Система состоит из двух линз с одинаковыми по модулю фокусными расстояниями. Одна из линз собирающая, другая рассеивающая. Линзы расположены на одной оси на некотором расстоянии друг от друга. Известно, что если поменять линзы местами, то действительное изображение Луны, даваемое этой системой, сместится на $l = 20$ см. Найдите фокусное расстояние каждой из линз.

Решение:

Рассмотрим случай, когда параллельные лучи 1 и 2 падают на рассеивающую линзу (рис. 9).

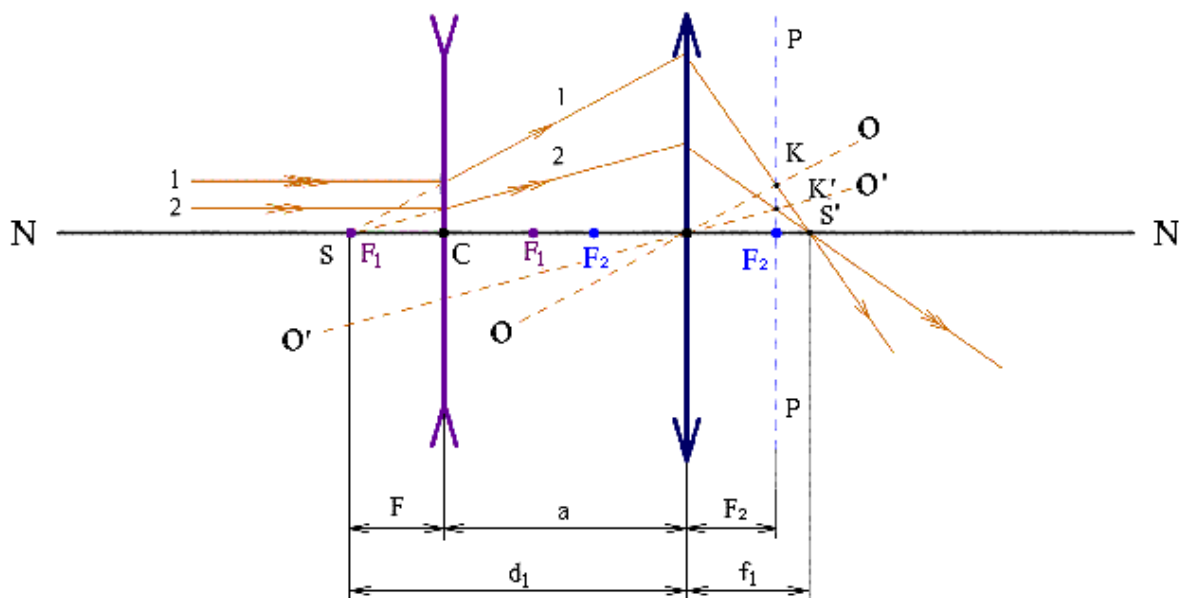


Рис.33

После преломления их продолжения пересекаются в точке S , являющейся фокусом рассеивающей линзы. Точка S является "предметом" для собирающей линзы. Ее изображение в собирающей линзе получим по правилам построения: лучи 1 и 2, падающие на собирающую линзу, после преломления проходят через точки пересечения соответствующих побочных оптических осей OO и $O'O'$ с фокальной плоскостью PP собирающей линзы и пересекаются в точке S' на главной оптической оси NN , на расстоянии f_1 от собирающей линзы. Применим для собирающей линзы формулу

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1}, \tag{7}$$

где $d_1 = F + a$.

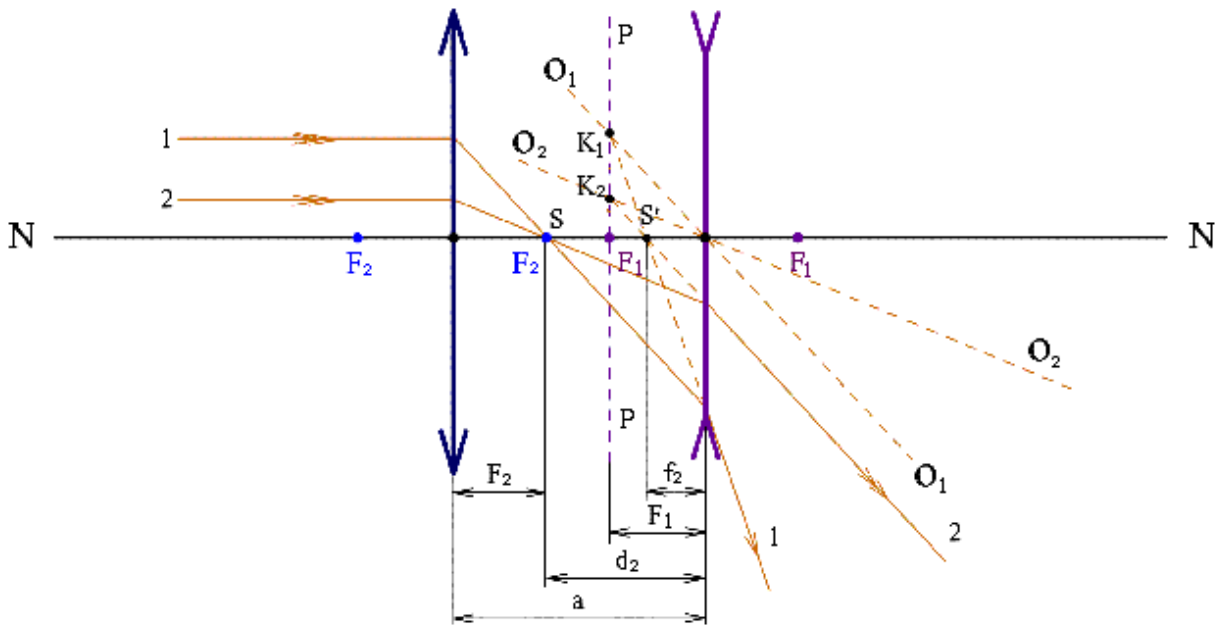


Рис.34

Пусть теперь лучи падают на собирающую линзу (рис. 10). Параллельные лучи 1 и 2 после преломления соберутся в точке S (фокусе собирающей линзы). Падая на рассеивающую линзу, лучи преломляются в рассеивающей линзе так, что продолжения этих лучей проходят через точки пересечения K_1 и K_2 соответствующих побочных осей O_1O_1 и O_2O_2 с фокальной плоскостью PP рассеивающей линзы. Изображение S' находится в точке пересечения продолжений вышедших лучей 1 и 2 с главной оптической осью NN на расстоянии f_2 от рассеивающей линзы. Для рассеивающей линзы

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} - \frac{1}{f_2}, \quad (8)$$

где $d_2 = a - F$.

Из (7) и (8) выразим f_1 и $-f_2$:

$$f_1 = \frac{F(F+a)}{a}, \quad -f_2 = \frac{F(F-a)}{a}.$$

Разность между ними по условию равна

$$l = f_1 - (-f_2) = \frac{F(F+a)}{a} - \frac{F(F-a)}{a}.$$

Откуда $F = \frac{l}{2} = 10$ см.

Ответ: $F = \frac{l}{2} = 10$ см.

Задача 7. Собирающая линза дает на экране изображение S' светящейся точки S , лежащей на главной оптической оси. Между линзой и экраном на расстоянии $d = 20$ см от экрана поместили рассеивающую линзу. Отодвигая экран от рассеивающей линзы, получили новое изображение S'' светящейся точки S . При этом расстояние нового положения экрана от рассеивающей линзы равно $f = 60$ см.

Определите фокусное расстояние F рассеивающей линзы и ее оптическую силу в диоптриях.

Решение:

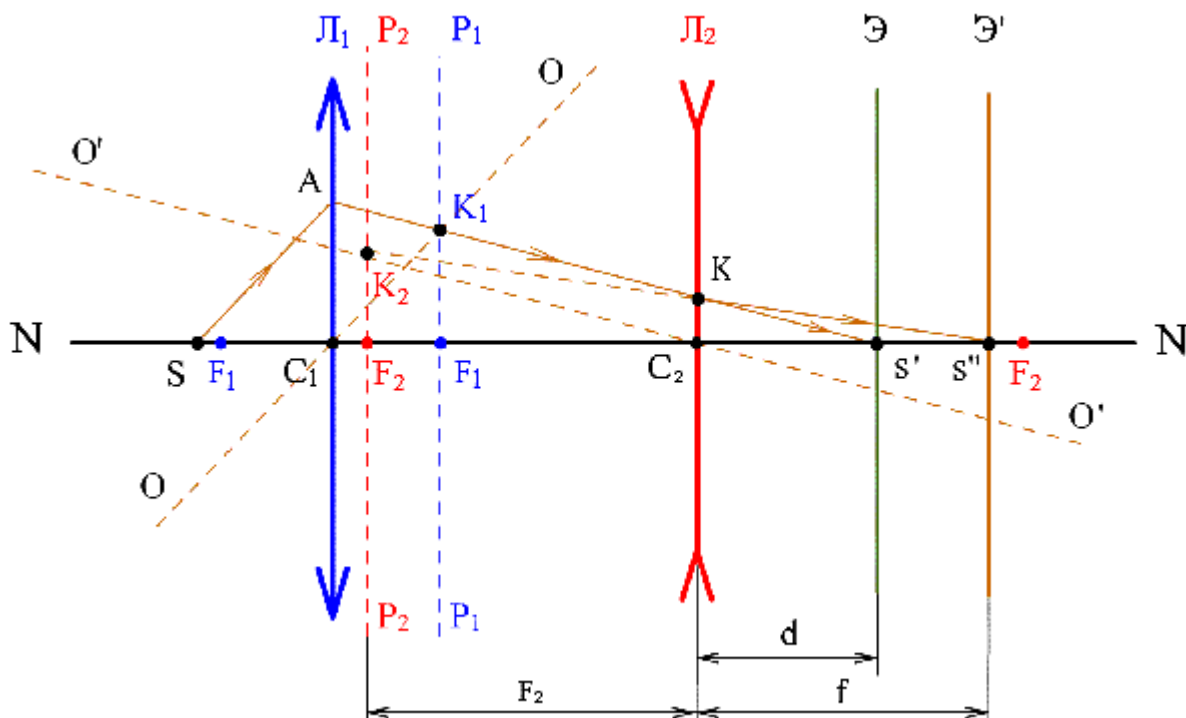


Рис.35

Изображение S' (рис. 11) источника S в собирающей линзе L_1 находится на пересечении луча, идущего вдоль главной оптической оси NN и луча SA после преломления идущего в направлении AS' по правилам построения (через точку K_1 пересечения побочной оптической оси OO , параллельной падающему лучу SA , с фокальной плоскостью P_1P_1 собирающей линзы). Если поставить рассеивающую линзу L_2 , то луч AS' изменяет направление в точке K , преломляясь (по правилу построения в рассеивающей линзе) в направлении KS'' . Продолжение KS'' проходит через точку K_2 пересечения побочной оптической оси $O'O'$ с фокальной плоскостью P_2P_2 рассеивающей линзы L_2 .

По формуле для рассеивающей линзы

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f},$$

где d - расстояние от линзы L_2 до предмета S' , f - расстояние от линзы L_2 до изображения S'' .

$$F = \frac{df}{d-f} = \frac{20 \cdot 60}{20-60} = -30 \text{ см.}$$

Отсюда Знак "-" указывает, что линза рассеивающая.

$$\text{Оптическая сила линзы } D = \frac{1}{F} = -\frac{1}{0,3} \approx -3,3 \text{ дптр.}$$

$$\text{Ответ: } F = \frac{df}{d-f} = 30 \text{ см, } D = \frac{1}{F} \approx -3,3 \text{ дптр.}$$

Задачи для самостоятельной работы

1. Тонкая стеклянная линза имеет оптическую силу $D = 5$ дптр. Когда эту линзу погружают в жидкость с показателем преломления n_2 , она действует как рассеивающая с фокусным расстоянием $F = 100$ см. Определите показатель преломления n_2 жидкости, если показатель преломления стекла линзы $n_1 = 1,5$.
2. Предмет находится на расстоянии $a = 0,1$ м от переднего фокуса собирающей линзы, а экран, на котором получается четкое изображение предмета, расположен на расстоянии $b = 0,4$ м от заднего фокуса линзы. Найдите фокусное расстояние F линзы. С каким увеличением Γ изображается предмет?
3. Две собирающие линзы с фокусными расстояниями $F_1 = 10$ см и $F_2 = 15$ см расположены вдоль общей главной оптической оси на расстоянии $l = 30$ см друг от друга. Где следует поместить точечный источник света, чтобы идущие от него лучи после прохождения обеих линз образовали пучок лучей, параллельных главной оптической оси? Рассмотрите два варианта.
4. Линза с фокусным расстоянием $F = 5$ см плотно вставлена в круглое отверстие в доске. Диаметр отверстия $D = 3$ см. На расстоянии $d = 15$ см от линзы на ее оптической оси находится точечный источник света. По другую сторону доски помещен экран, на котором получается четкое изображение источника. Каков будет диаметр D_1 светлого кружка на экране, если линзу вынуть из отверстия?
5. Постройте изображение точки, лежащей на главной оптической оси собирающей линзы на расстоянии, меньшем фокусного. Положение фокусов линзы задано.
6. Параллельный пучок света падает перпендикулярно на собирающую линзу, оптическая сила которой $D_1 = 2,5$ дптр. На расстоянии 20 см от нее находится рассеивающая линза с оптической силой $D_2 = -5$ дтр. Диаметр линз равен 5 см. На расстоянии 30 см от рассеивающей линзы расположен экран Э. Каков диаметр светлого пятна, создаваемого линзами, на экране?

7. Две собирающие линзы с оптическими силами $D_1 = 5$ дптр и $D_2 = 6$ дптр расположены на расстоянии $l = 60$ см друг от друга. Найдите, используя построение в линзах, где находится изображение предмета, расположенного на расстоянии $d = 40$ см от первой линзы, и поперечное увеличение системы.
8. Задан ход падающего и преломленного лучей в рассеивающей линзе (рис. 12). Найдите построением главные фокусы линзы.

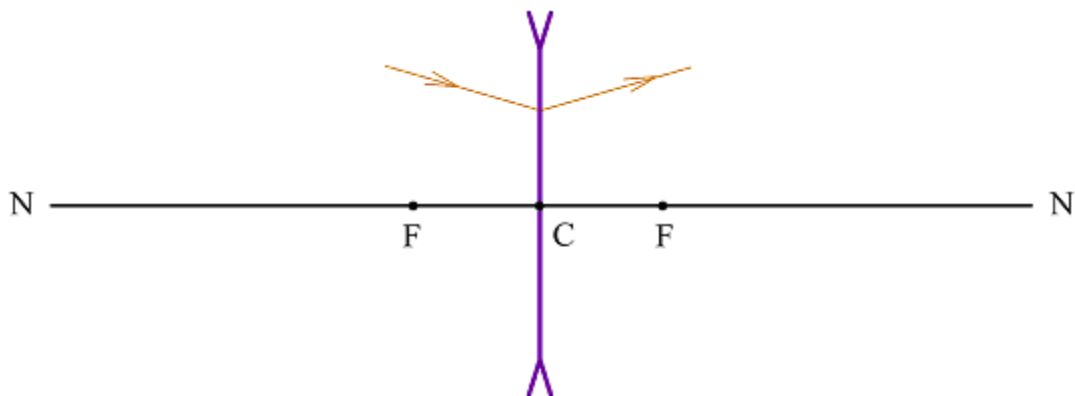


Рис.36

Практическая работа №36

Виды излучения. Распады

Цель: обобщить и систематизировать знания радиоактивных распадах, периоде полураспада; научиться применять полученные знания к решению задач

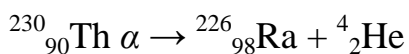
Примеры решения задач

Задача №1. Каков состав ядер:

1. кюрия – 247 ($Z = 96, N = 151$)
2. урана-235, 238, ($Z = 92, N = 143$), ($Z = 92, N = 146$)
3. неона – 20, 21 и 22, ($Z = 10, N = 10$), ($Z = 10, N = 11$), ($Z = 10, N = 12$)
4. натрия – 23, ($Z = 11, N = 12$)
5. серебра – 107, ($Z = 47, N = 60$)
6. радия – 226, ($Z = 88, N = 138$)
7. менделевия - 257, ($Z = 101, N = 156$)
8. свинец -207, ($Z = 82, N = 125$)
9. германий – 73. ($Z = 32, N = 41$)

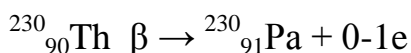
Задача №1. Изотоп тория $^{230}_{90}\text{Th}$ испускает α -частицу. Какой элемент при этом образуется?

Решение:



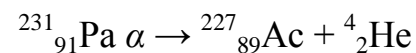
Задача 2: Изотоп тория $^{230}_{90}\text{Th}$ испускает β -радиоактивен. Какой элемент при этом образуется?

Решение:



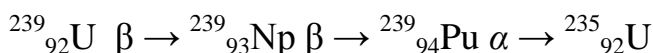
Задача 3: Протактиний $^{231}_{91}\text{Pa}$ α -радиоактивен. С помощью правил «сдвига» и таблицы элементов Менделеева определите, какой элемент получается с помощью этого распада.

Решение:



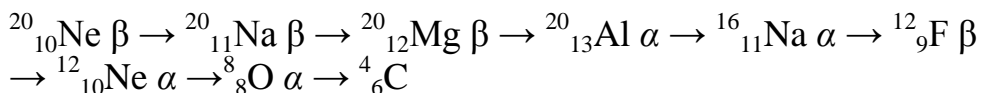
Задача 4: В какой элемент превращения уран $^{239}_{92}\text{U}$ после двух β -распадов и одного α -распада?

Решение:



Задача 5: Написать цепочку ядерных превращений неона: $\beta, \beta, \beta, \alpha, \alpha, \beta, \alpha, \alpha$

Решение:



Задачи для самостоятельного решения

Задача №1. Каков состав ядер:

1. натрия – 23
2. серебра – 107
3. радия – 226
4. менделевия – 257
5. свинец -207
6. германий – 73

Задача №2. Записать реакцию превращения актиния-227 во франций-223; какой распад имеет место?

Задача №3. Что произойдет с изотопом урана-237 при β -распаде?

Задача №4. Торий $^{232}_{90}\text{Th}$, испытав два электронных β -распада и один α -распад, превращается в элемент

Задача №5. Ядро изотопа урана $^{238}_{92}\text{U}$ после нескольких радиоактивных распадов превратилось в ядро изотопа $^{234}_{92}\text{U}$. Какие это были распады?

Задача №6. В какой изотоп превратился ксенона $^{112}_{54}\text{Xe}$ после спонтанного α – распада?

Задача №7. Ядро изотопа полония $^{216}_{84}\text{Po}$ образовалось после α – распада из ядра

Практическая работа №37

Фотоэффект

Цель: повторить законы фотоэффекта, научиться применять их на практике.

Контрольные вопросы

1. Какие из перечисленных явлений служат доказательством квантовой природы света. Выберите правильный ответ.
2. От каких параметров зависит максимальная кинетическая энергия электронов, вырывааемых с металла светом?
3. При каком условии возможен фотоэффект?

Примеры решения задач

Задача №1. Работа выхода электронов из кадмия равна 4,08 эВ. Какова частота света, если максимальная скорость фотоэлектронов равна $7.2 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$?

Дано: $v = 7.2 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $A_{\text{вых}} = 4,08 \text{ эВ}$, $m_{\text{э}} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Найти: $\nu = ?$

Решение:

$$h \cdot \nu = A_{\text{вых}} + \frac{m_{\text{э}} \cdot v_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\nu = \frac{1}{h} \cdot \left(A_{\text{вых}} + \frac{m_{\text{э}} \cdot v_{\text{max}}^2}{2} \right)$$

$$\nu = \frac{1}{6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}} \cdot \left(4,08 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} + \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot \left(7.2 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \right)^2}{2} \right)$$
$$= 1,34 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$$

Ответ: $\nu = 1,34 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$

Задача №2. Работа выхода электронов из кадмия равна 4,08 эВ. Какой должна быть длина волны излучения, падающий на кадмий, чтобы при фотоэффекте максимальная скорость вылетающих электронов была $2 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$?

Дано: $v = 2 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $A_{\text{вых}} = 4,08 \text{ эВ}$, $m_{\text{э}} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Найти: $\lambda = ?$

Решение:

$$h \cdot \nu = A_{\text{ВЫХ}} + \frac{m_{\text{э}} \cdot v_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\frac{h \cdot c}{\lambda} = A_{\text{ВЫХ}} + \frac{m_{\text{э}} \cdot v_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\lambda = \frac{2 \cdot h \cdot c}{2 \cdot A_{\text{ВЫХ}} + m_{\text{э}} \cdot v_{\text{max}}^2}$$

$$\lambda = \frac{2 \cdot 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}}{2 \cdot 4,08 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} + 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot (2 \cdot 10^6 \frac{\text{М}}{\text{с}})^2} = 0,8 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

Ответ: $\lambda = 0,8 \cdot 10^{-7} \text{ м}$

Задачи для самостоятельного решения

Задача №1. Работа выхода электрона из золота 4,76 эВ. Найти красную границу фотоэффекта.

Задача №2. Наибольшая длина волны света, при которой еще может наблюдаться фотоэффект на калии, равна 450 нм. Найдите скорость фотоэлектронов, выбитых из калия светом с длиной волны 300 нм.

Задача №3. Для полной задержки фотоэлектронов, выбитых из некоторого металла излучением с длиной волны 210 нм, требуется напряжение 2,7 В. Чему равна работа выхода для этого вещества?

Задача №4. Какую максимальную кинетическую энергию имеют электроны, вырванные из оксида бария, при облучении светом частотой 1 ПГц?

Задача №5. Красная граница фотоэффекта для металла $6,2 \cdot 10^{-5}$ см. Найти величину запирающего напряжения для фотоэлектронов при освещении металла светом длиной волны 330 нм?

Задача №6. Определите наибольшую скорость электрона, вылетевшего из цезия, при освещении его светом с длиной волны 400 нм?

Задача №7. В опытах по фотоэффекту было найдено, что для света с длиной волны $\lambda_1 = 300$ нм запирающий потенциал $(U_3)_1 = 3,0$ В, для $\lambda_2 = 400$ нм $(U_3)_2 = 2,0$ В. Определите из этих данных значение постоянной Планка h .

Практическая работа №38,39

Ядерные реакции

Цель: обобщить и систематизировать знания радиоактивных распадах

Примеры решения задач

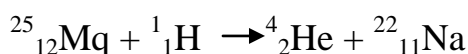
Задача№1. При бомбардировке нейтронами атома азота-14 испускается протон. В ядро какого изотопа превращается ядро азота? Написать реакцию.

Решение:



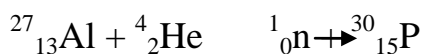
Задача№2. Ядро изотопа магния-25 подвергается бомбардировке протонами. Ядро какого элемента при этом образуется, если реакция сопровождается излучением α - частицы?

Решение:



Задача№3. При бомбардировке α -частицами алюминия образуется новое ядро и нейтрон. Записать ядерную реакцию и определить ядро, какого элемента при этом образуется.

Решение:



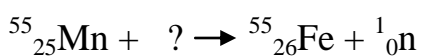
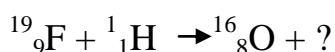
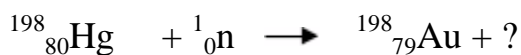
Задача№4. Допишите реакцию:



Задачи для самостоятельного решения

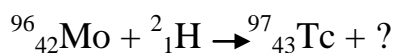
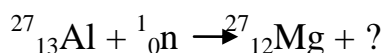
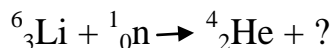
Задача№1. Во что превращается уран-238 после α -распада и двух β -распадов?

Задача№2. Написать недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:



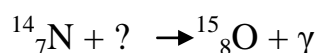
Задача№3. Во что превращается изотоп тория-234, ядра которого претерпевают три последовательных α -распада?

Задача №5. Написать недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:

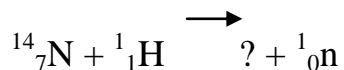
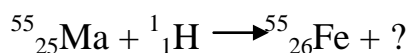
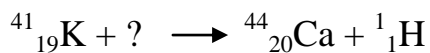
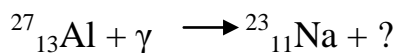
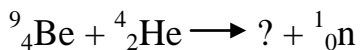
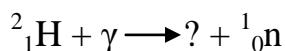
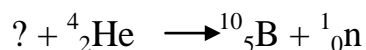


Задача №6. Ядра изотопа тория-232 претерпевают α -распад, два β -распада и еще один α -распад. Какие ядра после этого получаются?

Задача №7. Написать недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:



Задача №8. Написать недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:



Литература

Основные источники:

1. Степанова Г.Н. Физика. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебник для 10 класса общеобразовательных учреждений. Углублённый уровень/ Степанова Г.Н.— Электрон.текстовые данные.— М.: Русское слово, 2013.— 192 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/39116.html>.— ЭБС «IPRbooks»

2. Степанова Г.Н. Физика. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебник для 10 класса общеобразовательных учреждений. Углублённый уровень/ Степанова Г.Н.— Электрон.текстовые данные.— М.: Русское слово, 2013.— 240 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/39117.html>.— ЭБС «IPRbooks»

3. Степанова Г.Н. Физика. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений. Углублённый уровень/ Степанова Г.Н.— Электрон.текстовые данные.— М.: Русское слово, 2013.— 202 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/39708.html>.— ЭБС «IPRbooks»

4. Степанова Г.Н. Физика. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений. Углублённый уровень/ Степанова Г.Н.— Электрон.текстовые данные.— М.: Русское слово, 2013.— 306 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/39709.html>.— ЭБС «IPRbooks»

Дополнительные источники:

1. Дмитриева Е.И. Физика для инженерных специальностей [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дмитриева Е.И.— Электрон.текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2013.— 142 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/729.html>.— ЭБС «IPRbooks»

2. Дмитриева Е.И. Физика для инженерных специальностей [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дмитриева Е.И.— Электрон.текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2013.— 142 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/729.html>.— ЭБС «IPRbooks»

3. Лабораторные работы по физике. Выпуск 1. Механика [Электронный ресурс]: сборник методических указаний для выполнения лабораторных работ по физике/ — Электрон.текстовые данные.— Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 81 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30808.html>.— ЭБС «IPRbooks»

4. Лабораторные работы по физике. Выпуск 2. Электричество и магнетизм [Электронный ресурс]: сборник методических указаний для выполнения лабораторных работ по физике/ — Электрон.текстовые данные.— Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 84 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30809.html>.— ЭБС «IPRbooks»

5. Соболева В.В. Общий курс физики [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие к решению задач и выполнению контрольных работ по физике/ Соболева В.В., Евсина Е.М.— Электрон.текстовые данные.— Астрахань:

Астраханский инженерно-строительный институт, ЭБС АСВ, 2013.— 250 с.—
Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17058.html>.— ЭБС «IPRbooks»

6. Пинский А. А., Граковский Г. Ю. ФИЗИКА: учебник/А.А. Пинский, Г.Ю. Граковский. - М., ФОРУМ: ИНФРА-М, 2014.

7. Методические указания к лабораторным работам по учебной дисциплине «Физика», 2017 г.

8. Методические указания к практическим работам по учебной дисциплине «Физика», 2017 г.

Интернет-ресурсы:

1. www.fcior.edu.ru (Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов).
2. www.dic.academic.ru (Академик. Словари и энциклопедии).
3. www.iprbookshop.ru. (ЭБС «IPRbooks»Электронная библиотека).
4. www.school.edu.ru (Российский образовательный портал.Доступность, качество, эффективность).
5. www.ru/book (Электронная библиотечная система).
6. www.alleng.ru/edu/phys.htm (Образовательные ресурсы Интернета — Физика).
7. www.school-collection.edu.ru (Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов).
8. <https://fiz.1september.ru> (учебно-методическая газета «Физика»).
9. www.n-t.ru/nl/fz (Нобелевские лауреаты по физике).
10. www.nuclphys.sinp.msu.ru (Ядерная физика в Интернете).
11. www.kvant.mscme.ru (научно-популярный физико-математический журнал «Квант»)